

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

РУП «Научно-практический центр
НАН Беларуси по земледелию»

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И СЕЛЕКЦИЯ В БЕЛАРУСИ

Сборник научных трудов

Основан в 1951 году

ВЫПУСК 57



Минск
«ИВЦ Минфина»
2021

В сборнике публикуются материалы научных исследований по земледелию, растениеводству и селекции растений. Освещаются вопросы рационального использования средств интенсификации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, заготовки, качества кормов, а также результаты исследований в области селекции, биохимии и иммунитета растений.

Сборник трудов предназначен для научных работников сельскохозяйственного и биологического профилей, аспирантов и студентов соответствующих учреждений образования, руководителей сельскохозяйственного производства и агрономической службы республики.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»: *Привалов Ф.И.*, доктор с.-х. наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси – главный редактор, *Урбан Э.П.*, доктор с.-х. наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси – заместитель главного редактора, *Лужинский Д.В.*, кандидат с.-х. наук – заместитель главного редактора, *Гриб С.И.*, доктор с.-х. наук, профессор, академик НАН Беларуси, *Булавин Л.А.*, доктор с.-х. наук, профессор, *Берестов И.И.*, доктор с.-х. наук, профессор, *Булавина Т.М.*, доктор с.-х. наук, профессор; **РУП «Институт мелиорации и луговодства»:** *Мееровский А.С.*, доктор с.-х. наук, профессор; **РУП «Институт почвоведения и агрохимии»:** *Богдевич И.М.*, доктор с.-х. наук, профессор, академик НАН Беларуси; **УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»** *Вильдфлуш И.Р.*, доктор с.-х. наук, профессор

Перевод на английский язык: *О.С. Лавникевич*

УДК [631.5/8+633](476)(082)

© РУП «Научно-практический центр
НАН Беларуси по земледелию», 2021

© Оформление.

УП «ИВЦ Минфина», 2021

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ НАСЫЩЕНИЯ ЗЕРНОВЫМИ И КОРМОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Л.Н. Грибанов, А.Ч. Скируха, кандидаты с.-х. наук,

В.Н. Куцева, С.А. Лысенкова

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 06.04.2021)

Рецензент: Булавин Л.А., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по изучению продуктивности специализированных зерновых севооборотов с разной степенью насыщения зерновыми. Дана сравнительная оценка сельскохозяйственных культур, относящихся к разным хозяйственно-биологическим группам, по сбору зерна, кормовых единиц, переваримого протеина с 1 га пашни и посева.

В Республике Беларусь сложилась структура посевных площадей, при которой зерновые на протяжении трех десятилетий удерживаются на уровне 50 %. В последние три года (2017-2020 гг.) они занимали 46,6-48,4 %, в том числе колосовые 43,5-44,3 %. Такой удельный вес зерновых позволяет вести земледелие с соблюдением классического плодосмена: многолетние или однолетние бобовые травы – зерновые – пропашные – зерновые. При недостаточной площади пропашных вместо них может возделываться зернобобовая культура. Для сельскохозяйственных предприятий республики и в настоящее время принцип плодосмена является основным при ведении земледелия [3]. Однако специализация и концентрация сельскохозяйственного производства вызвала необходимость внедрения специализированных севооборотов с более короткой ротацией, насыщенных полевыми культурами, в соответствии с направлением развития хозяйства. В хозяйствах, специализирующихся на производстве свинины и мяса птицы, возникает необходимость введения специализированных зерновых севооборотов с более высоким удельным весом зерновых. Такие севообороты применяются и в других хозяйствах, в том числе и специализирующихся на производстве продукции скотоводства в порядке внутрихозяйственной специализации. Зерновые севообороты в таком случае вводятся, как правило, на более отдаленных от ферм землях. В узкоспециализированных севооборотах, где всего 4-5 полей, насыщение зерновыми культурами может достигать 60-70 % и более. Такое перенасыщение не дает возможности размещать их в рамках классических (плодосменных) севооборотов. В этом случае неизбежны посевы зерновых по зерновым, что всегда ведет к снижению урожайности и в конечном итоге к недобору валового сбора зерна [5].

Методика проведения исследований. Исследования проводили в зерновых и плодосменных севооборотах со следующим чередованием культур:

1. 1 – ячмень, 2 – клевер, 3 – пшеница озимая, 4 – рожь з/м + горох + овес, 5 – рожь озимая, 6 – клевер, 7 – ячмень + пожнивные, 8 – картофель;

2. 1 – рожь озимая, 2 – клевер, 3 – ячмень, 4 – рожь на з/м + горохо-овсяная смесь, 5 – тритикале озимое, 6 – клевер, 7 – ячмень, 8 – овес;

6а. 1 – тритикале озимое + пожнивные, 2 – ячмень, 3 – клевер, 4 – рожь озимая;

7а. 1 – рапс яровой, 2 – ячмень, 3 – люпин, 4 – тритикале озимое;

10а. 1 – картофель, 2 – ячмень, 3 – клевер, 4 – тритикале озимое + пожнивные;

11. 1 – тритикале озимое, 2 – клевер, 3 – ячмень, 4 – овес;

12. 1 – рожь озимая на з/м + горохо-овсяная смесь, 2 – рапс яровой, 3 – тритикале озимое;

13. 1 – овес, 2 – тритикале озимое, 3 – рожь озимая, 4 – ячмень;

14. 1 – гречиха, 2 – ячмень, 3 – горох, 4 – тритикале озимое;

17. 1 – овес, 2 – рожь озимая, 3 – клевер, 4 – пшеница озимая, 5 – картофель, 6 – ячмень.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком песчанисто-пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 90-120 см моренным суглинком с прослойкой песка на контакте на глубине 70-90 см. Пахотный слой почвы характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,48-2,57 %, азота – 0,117 %, подвижных форм фосфора – 278-290 мг/кг, калия – 254-261 мг/кг почвы, pH – 5,7-6,1, гидролитическая кислотность – 2,27 мг-экв./кг почвы, сумма поглощенных оснований – 74,4 мг-экв./кг почвы.

Под все зерновые культуры в изучаемых севооборотах применяли минеральные удобрения и химические средства защиты согласно регламентам по возделыванию сельскохозяйственных культур. Навоз в севообороте вносили из расчета 10 т/га пашни.

Удельный вес зерновых и зернобобовых культур составлял от 50,0 до 100 %, кормовых – от 33,3 до 50,0 %. Оценка продуктивности севооборотов проводилась по выходу кормовых единиц, переваримого протеина и зерна с 1 га севооборотной площади, а также по сбору зерна с 1 га зерновой площади. Учетная площадь делянки 45 м², повторность трехкратная. Все изучаемые севообороты развернуты во времени и пространстве.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований [1, 4] свидетельствуют о том, что имеются большие различия в общей и протеиновой продуктивности между культурами, относящимися как к разным хозяйственно-биологическим группам, так и в пределах одной группы. Озимые зерновые в целом обеспечили более высокую продуктивность, чем яровые (таблица 1). В среднем урожайность зерновых колосовых колебалась от 35,6 до 47,0 ц/га. В наших исследованиях урожайность озимых составила 46,7-47,0 ц/га, что превысило урожайность яровых на 11,0-11,1 ц/га или на 23,4-23,8 %.

Среди зерновых культур наибольшую урожайность зерна обеспечило озимое тритикале – 47,0 ц/га. Преимущество перед другими зерновыми колосовы-

**Таблица 1 – Продуктивность основных полевых культур в севооборотах
(среднее за 2016-2018 гг.)**

Культура	Доза минеральных удобрений, кг/га			Урожайность, ц/га	Кормовые единицы*		Переваримый протеин*	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		ц/га	%	ц/га	%
Оз. рожь на з/м +	80	60	80	314	40,8	35,1	5,65	36,78
горох-овес поукосно	40	30	60	272	38,1	32,7	5,44	35,42
Горчица белая (пожнивнo)	60	-	-	260,4	26,0	22,3	4,53	29,5
Картофель	90	80	150	245	80,8	69,4	3,67	23,89
Клевер	—	90	150	582	116,4	100	15,36	100
Озимая рожь	80	60	90	43,8	52,1	44,7	3,24	21,10
Озимая пшеница	80	60	90	46,7	55,1	47,5	4,22	27,47
Озимое тритикале	80	60	90	47,0	56,8	48,5	5,14	33,46
Ячмень	80	60	90	35,7	43,7	37,5	2,85	18,73
Овес	80	60	90	34,8	35,5	30,5	3,0	19,53
Люпин узколистный	—	60	90	23,4	21,8	18,7	7,14	46,48
Горох	—	60	90	23,9	27,9	24,0	4,66	30,34
Рапс яровой	100	60	120	20,8	35,4	30,6	3,56	23,2
Зерновые колосовые в среднем	80	60	90	41,8	48,9	42,0	3,71	24,15
Зернобобовые в среднем	—	60	90	23,7	24,8	21,3	5,90	38,41

ми оно имело также по выходу кормовых единиц и сбору переваримого протеина. Достаточно высокую урожайность обеспечила также озимая пшеница – 46,7 ц/га. Менее урожайными среди зерновых колосовых был овес – 34,8 ц/га. Урожайность зернобобовых культур (горох, люпин) была ниже зерновых и находилась на уровне 23,7 ц/га. По сбору переваримого протеина (7,14 ц/га) люпин узколистный превзошел зерновые культуры, а также рапс яровой.

Важным показателем в оценке сельскохозяйственных культур в севооборотах является устойчивость урожаев по годам, способность поддерживать его без значительного снижения и в годы с экстремальными погодными условиями [4]. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что многолетние травы по этому показателю имеют преимущество перед другими полевыми культурами. Так, клевер при одногодичном использовании в севооборотах без применения азотных удобрений обеспечил более высокую продуктивность. Урожайность зеленой массы за 2 укоса составила в среднем 582 ц/га, 116,4 ц/га кормовых единиц и 15,36 ц/га переваримого протеина. В сравнении с зерновыми колосовыми культурами сбор кормовых единиц был выше в 2,3 раза, переваримого протеина в 4,1 раза.

Однолетние бобовые травы менее продуктивны, чем многолетние и, прежде всего, клевер. Урожайность зеленой массы горохо-овсяной смеси в среднем за 2016-2018 гг. составила 272 ц/га, что соответствует сбору 38,1 ц/га кормовых единиц и 5,4 ц/га переваримого протеина. Однако при возделывании однолетних трав в севообороте в сочетании с озимыми, поукосными и промежуточными культурами продуктивность кормового поля увеличивается более чем в два

раза и достигает уровня многолетних бобовых трав. Так, в варианте озимая рожь на зеленую массу + горохо-овсяная смесь поукосно + горчица белая пожнивно в сумме за три урожая получено 846,4 ц/га зеленой массы или 104,9 ц/га кормовых единиц и 15,62 ц/га переваримого протеина. Это примерно столько, сколько получено при возделывании клевера первого года пользования при двух укосах. Самая низкая продуктивность кормовых культур была в трехпольном севообороте (сев. 6а), в котором 33,3 % занимали только однолетние бобово-злаковые травы, а также использовались промежуточные культуры, но в посевах отсутствовали многолетние бобовые травы – клевер. В данном севообороте (рожь на 3/м + горохо-овсяная смесь – рапс яровой – тритикале) урожайность зеленой массы составила 282,4 ц/га, выход кормовых единиц 53,7 ц/га, а сбор переваримого протеина 6,23 ц/га, что в пересчете на 1 к.ед. составляет 116,0 г.

Картофель при учете основной продукции по продуктивности был ближе всех изучаемых культур к клеверу (80,8 ц/га).

Результаты исследований показали значительные различия в продуктивности полевых севооборотов в зависимости от степени насыщения зерновыми и кормовыми культурами (таблица 2). Выход кормовых единиц с 1 га пашни в изучаемых севооборотах колебался от 36,2 до 81,2 ц/га, переваримого протеина от 3,15 до 8,03 ц/га. Отмечалась тенденция снижения выхода кормовых единиц при уменьшении доли кормовых культур и увеличении доли зерновых в севообороте. Так, при 50 % зерновых (сев.1, 10а) было получено 79,1-81,2 ц/га кормовых единиц, при 62,5 % (сев.12) – 71,5, при 75 % (сев. 6а, 11) – 53,7-64,2 ц/га и при 100 % зерновых (сев.7, 13, 14) – 36,2-41,8 ц/га.

Наибольший выход кормовых единиц с 1 га пашни (таблица 1) обеспечили плодосменные севообороты (сев. 1, 10а) с 50 % зерновых и кормовых культур, у которых общая продуктивность составила 79,1-81,2 ц/га. В этих севооборотах наибольшим был и сбор переваримого протеина, составивший от 7,93 до 8,03 ц/га. Незначительно уступал по общей продуктивности данным севооборотам зернотравяной севооборот (сев. 2) с 62,5 % зерновых и 37,5 % кормовых культур. В данном севообороте сбор основной продукции в кормовых единицах составил 71,5 ц/га, а переваримого протеина – 7,67 ц/га.

Важным показателем при оценке севооборотов является выход зерна с 1 га используемой пашни [2, 3]. Зернотравяно-пропашные севообороты обеспечивали наиболее высокую общую продуктивность земли по сбору кормовых единиц, однако имели низкий показатель производства зерна. Так, в севооборотах (сев. 1, 10а) с 50 % зерновых в структуре посевов сбор зерна с 1 га пашни составил 21,0-21,2 ц при сборе зерна с 1 га посева 43,7-44,2 ц/га. Увеличение удельного веса зерновых в севообороте с 50 до 62,5 % не приводило к существенному снижению общей продуктивности севооборота, но при этом увеличивался выход зерна с 1 га севооборотной площади до 25,9 ц при урожайности зерновых 42,3 ц/га.

При увеличении удельного веса зерновых в трех- и шестипольных севооборотах до 66,6 % (сев. 12, 17) отмечалось снижение их урожайности до 31,7-

Таблица 2 – Продуктивность полевых севооборотов в разной степени насыщенных зерновыми культурами

№ сев.	Структура посевов, %, в том числе					Промежуточные*	Урожайность зерна, зерно- ленной массы с посева, ц/га		Сбор основной продук- ции с 1 га пашни, ц			Содержа- ние пере- варимого белка на 1 к.ед.
	зерновые и зерно- бобовые	в т.ч зер- нобобо- вые	одно- летние травы	многолет- ные травы	про- паш- ные		всех видов зерновых и зернобобо- вых	кормовых	к. ед.	пере- вари- мого белка	зерна	
1	50	-	12,5	25	12,5	25	43,7	414,6	79,1	8,03	21,2	101,70
10а	50	-	-	25	25	25	44,2	424,0	81,2	7,93	21,0	97,69
2	62,5	-	12,5	25	-	12,5	42,3	438,3	70,8	7,64	25,9	107,93
12	66,6	-	33,3	-	-	33,3	31,7	282,4	53,7	6,23	21,1	116,0
17	66,6	-	-	16,6	16,6	-	41,5	539,0	64,2	5,31	27,7	82,71
6а	75	-	-	25	-	25	41,6	414,7	71,2	7,41	31,2	104,1
11	75	-	-	25	-	-	40,0	550,7	62,3	6,44	30,0	103,4
7	100	25	-	-	-	-	32,8	-	40,8	4,80	32,8	117,64
13	100	-	-	-	-	-	35,8	-	41,8	3,15	35,8	75,34
14	100	25	-	-	-	-	29,8	-	36,2	3,39	29,4	93,64

* горчица белая на зеленый корм

41,5 ц/га. Однако, если в трехпольном севообороте (сев.12) урожайность зерновых в среднем составила 31,7 ц/га, то в шестипольном севообороте (сев. 17) – 41,5 ц/га, что на 23 % выше. Такое снижение урожайности зерновых говорит о недостаточном периоде возврата культур на прежнее место в трехпольных севооборотах.

Севообороты с 75 % зерновых колосовых (сев. 6а, 11) по выходу кормовых единиц уступали другим видам изучаемых севооборотов с 50-66,6 %-ой концентрацией зерновых. Однако возделывание в таком севообороте (сев. 6а) пожнивной горчицы белой (25 %) позволило увеличить общую продуктивность с 62,3 до 71,2 ц к.ед и сбор зерна с 30,0 до 31,2 ц с 1 га пашни.

Насыщение севооборотов зерновыми колосовыми до 100 % приводило к резкому снижению их урожайности с 40,0 до 29,4 ц/га, при этом выход зерна с 1 га севооборотной площади увеличивался незначительно.

Выводы

1. Продуктивность севооборота во многом зависит от продуктивности культур, входящих в его состав: зерновых, зернобобовых и кормовых. Среди зерновых культур наибольшую урожайность зерна обеспечило озимое тритикале. В среднем за 3 года получено 47,0 ц/га. Преимущество перед всеми зерновыми колосовыми озимое тритикале имело также по выходу кормовых единиц и сбору переваримого протеина. Эти показатели составили 56,8 и 5,14 ц/га соответственно. Достаточно высокую урожайность показала также озимая пшеница (46,7 ц/га). Менее урожайными среди зерновых колосовых был овес (34,8 ц/га). В среднем озимые зерновые обеспечили более высокую продуктивность, чем яровые. Среди кормовых культур наиболее продуктивными были многолетние бобовые травы. Клевер 1 г.п. без внесения азотных удобрений обеспечил сбор 116,4 ц/га к.ед. и 15,36 ц/га переваримого протеина, что в 2,3 и 4,1 раза выше, чем у зерновых культур. Насыщение севооборотов до 100 % зерновыми и зернобобовыми без включения промежуточных культур приводило к резкому снижению их общей продуктивности.

2. Наибольший выход кормовых единиц с 1 га пашни обеспечили плодосменные севообороты с 50 % зерновых. В этих севооборотах наибольшим был и сбор переваримого протеина. Незначительно уступал по общей продуктивности данным севооборотам зернотравяной севооборот с 62,5 % зерновых. Насыщение полевых севооборотов зерновыми культурами до 66,6 % позволяет увеличивать производство зерна без значительного снижения урожайности и продуктивности пашни. В севооборотах с повышенным удельным весом зерновых (75-100 %) увеличивается выход зерна с 1 га, но существенно снижается урожайность зерновых, при этом выход зерна с 1 га пашни увеличивается незначительно.

Литература

1. *Грибанов, Л.Н.* Продуктивность основных полевых культур в севооборотах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Л.Н. Грибанов, А.Ч. Скируха, В.Ф. Лихтарович,

Е.С. Шапель // Кормопроизводство: технологии, экономика, почвосбережение: матер. Межд. науч.-практ. конф., Жодино, 25-26 июня 2009 г. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – С. 14-18.

2. Грибанов, Л.Н. Роль предшественника в формировании урожайности колосовых в севооборотах с высокой концентрацией зерновых культур / Л.Н. Грибанов, А.Ч. Скируха, Е.С. Бык, В.Ф. Лихтарович // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2015. – Вып. 51. – С. 13-17.

3. Никончик, П.И. Севооборот. Рычаги управления урожаем / П.И. Никончик, А.А. Усеня, А.Ч. Скируха, Л.Н. Грибанов // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – №10. – С. 52-56.

4. Скируха, А.Ч. Оптимизация режима использования клевера лугового как фактор повышения продуктивности травостоя в специализированных севооборотах / А. Ч. Скируха, А. А. Усеня, Л. Н. Грибанов [и др.]. // Земледелие и защита растений, 2014. – №3. – С.14-17.

5. Скируха, А.Ч. Озимому клину – оптимальные предшественники / А.Ч. Скируха // Наше сельское хозяйство. – 2009. – №7. – С. 6-10.

COMPARATIVE PRODUCTIVITY OF FIELD CROP ROTATIONS WITH A DIFFERENT DEGREE OF CONCENTRATION OF CEREAL AND FODDER CROPS

L.N. Gribanov, A.Ch. Skirukha, V.N. Kutseva, S.A. Lysenkova

The article deals with the results of the research on productivity of specialized cereal crop rotations with a different degree of concentration of cereals. The comparative evaluation of the crops referring to different economic and biological groups is carried out in terms of grain yield, fodder units and digestible protein per ha and planting.

УДК 633.358:632[954+51]:631.559

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА КОРСАР СУПЕР НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ГОРОХА

В.Ч. Шор, М.В. Евсеенко, М.Н. Крицкий, кандидаты с.-х. наук, Ю.И. Пешко

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 22.02.2021)

Рецензент: Булавин Л.А., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 - 1,6 л/га) на засоренность посевов и урожайность зерна гороха. Установлено, что биологическая эффективность этого препарата составила 77,2-81,4 % по численности сорняков и 86,6-89,8 % по их массе. При использовании эталонного гербицида Базагран, ВР (3,0 л/га) эти показатели были равны 77,6 и 82,8 % соответственно. Применение гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2-1,6 л/га) обеспечило прибавку урожайности зерна гороха по сравнению с контролем 17,0 и 19,9 %, а Базагран, ВР (3,0 л/га) - 13,3 %.

В Беларуси горох является основной зернобобовой культурой, посевы которой составляют 75-85 % всех зернобобовых. Более высокое содержание белка по сравнению с зерновыми культурами, разнообразие использования, положи-

тельное влияние на плодородие почвы, целесообразность посева в качестве промежуточной и парозанимающей культуры, возможность выращивания в смесях с зерновыми культурами предопределяют большое народно-хозяйственное значение гороха [1].

Серьезным препятствием для получения высокой урожайности зерна гороха является значительная засоренность полей. Уровень потерь урожая зависит от количества, видового состава сорняков, а также продолжительности их конкурентных отношений и может достигать 30-50 %. Сорные растения являются постоянным компонентом агроэкосистем. При высокой численности они не только снижают урожайность, но и качество сельскохозяйственной продукции, а также затрудняют выполнение многих видов полевых работ, в первую очередь, уборку урожая [2].

Видовой состав сорняков и их численность в значительной степени определяются биологическими особенностями культуры и технологией ее возделывания. Горох в отличие от зерновых культур слабо конкурирует с сорняками, поэтому уничтожение их в его посевах имеет первостепенное значение для формирования высокой урожайности. Современные средства защиты растений позволяют успешно решать эту проблему. Однако технология их применения должна постоянно совершенствоваться, быть биологически обоснованной и экономически оправданной. Прежде всего, необходимо принимать во внимание, что зернобобовые культуры характеризуются повышенной чувствительностью к большинству гербицидов. В этой связи целью наших исследований являлось изучение возможности применения нового гербицида Корсар Супер, ВРК (бентазон, 400 г/л + имазамокс, 25 г/л) на посевах гороха, а также оценка его биологической и хозяйственной эффективности.

Методика и условия проведения исследований. В 2018-2019 гг. изучали эффективность применения гербицида Корсар Супер, ВРК при возделывании гороха. Исследования проводили на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком, со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,81-2,90 %, P_2O_5 – 191-228 мг/кг, K_2O – 300-330 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 6,23-6,43. Предшественник – озимые зерновые. Агротехника возделывания гороха осуществлялась в соответствии с отраслевым регламентом [3]. Площадь делянки – 50 м². Повторность четырехкратная. Размещение делянок рендомизированное.

Схема опыта включала 4 варианта: Контроль (без применения гербицидов), Базагран, ВР (3,0 л/га) – эталон, Корсар Супер, ВРК 1,2 и 1,6 л/га. Гербициды Базагран, ВР и Корсар Супер, ВРК вносили в фазу 1-3 пар настоящих листьев гороха с помощью ранцевого опрыскивателя. Норма расхода рабочего раствора – 200 л/га. Объектом исследования являлся сорт гороха *Зазерский усатый*. Учет засоренности посевов гороха проводили: количественный – перед внесением гербицидов, через 60 дней после химической прополки и перед уборкой культуры; количественно-весовой – через 30 дней после применения гербицидов на закрепленных площадках площадью 0,25 м², где определяли численность

сорных растений по видам, их сырую вегетативную массу. Уборку гороха проводили в фазу полной спелости с помощью комбайна Wintersteiger Delta путем обмолота зерна с учетной площади делянки с последующим пересчетом урожайности на стандартную влажность зерна (14 %) Статистическая обработка полученных данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [4].

Метеорологические условия в годы исследований существенно отличались от среднееголетних значений, как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. За основную часть вегетационного периода гороха (вторая декада мая – первая декада августа) сумма активных температур в 2018 г. была выше нормы на 8,9 %, а в 2019 г. – на 6,5 % при выпадении атмосферных осадков ниже нормы соответственно на 12,6 и 13,2 %. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2018 г. составил 1,35, а в 2019 г. – 1,37 при среднееголетнем значении этого показателя для региона, где проводили исследования за указанный выше период, 1,68. Это оказало определенное влияние на развитие сорного ценоза в посевах гороха, а также на уровень его урожайности.

Результаты исследований и обсуждение. Учет засоренности, проведенный перед химической прополкой, показал, что посеvy гороха в годы исследований характеризовались схожим видовым составом сорняков, но различной степенью засоренности по годам исследований. В 2018 г. наиболее распространенными сорняками в посевах гороха являлись пастушья сумка (40-50 шт./м²), марь белая (30-34 шт./м²), ярутка полевая (8-12 шт./м²), виды горцев (8-10 шт./м²). В посевах гороха также присутствовали: пикульник обыкновенный (2-3 шт./м²), щирица запрокинутая (1-3 шт./м²). Однолетние злаковые сорняки были представлены просом куриным (4-8 шт./м²). Общая засоренность посевов гороха перед внесением гербицидов находилась в пределах 93-120 шт./м², в т.ч. 89-112 шт./м² однолетних двудольных сорняков.

В 2019 г. засоренность посевов гороха перед применением гербицидов была значительно ниже. Преобладали марь белая (20-24 шт./м²), пастушья сумка (18-20 шт./м²), ярутка полевая (9-14 шт./м²), виды горцев (10-13 шт./м²). Кроме того, в посевах присутствовали также пикульник обыкновенный (5-7 шт./м²), щирица запрокинутая (1-3 шт./м²), просо куриное (3-8 шт./м²). Общая засоренность посева перед химической прополкой составила 66-89 шт./м², в т.ч. 63-81 шт./м² однолетних двудольных сорняков.

Установлено, что в среднем за 2018-2019 гг. численность сорняков через 30 дней после химической прополки составила в контрольном варианте 133 шт./м², а их масса 189,8 г/м². При внесении гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га) в фазу 1-3 пар настоящих листьев гороха биологическая эффективность составила 77,2 и 81,4 %, соответственно (таблица 1). Указанный выше показатель при внесении эталонного препарата Базагран, ВР (3,0 л/га) составил в среднем за годы исследований 77,6 %, что превысило аналогичное значение в варианте с использованием гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) в среднем на 0,4 %, но было ниже по сравнению с вариантом, где применяли Корсар Супер, ВРК (1,6 л/га) на 3,8 %.

Под влиянием гербицида Корсар Супер, ВРК, 1,2 л/га и 1,6 л/га отмечалось снижение массы сорняков в среднем за 2018-2019 гг. на 86,6 и 89,8 %, соответственно. Эталонный гербицид Базагран, ВР (3,0 л/га) уменьшил массу сорняков в среднем на 82,8 %, что на 3,8 % ниже по сравнению с вариантом, где применяли Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га), и на 7,0 % ниже варианта с нормой внесения этого гербицида 1,6 л/га.

Установлено, что через 30 дней после проведения химической прополки гибель мари белой при применении гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га) в среднем за 2018-2019 гг. составила 88,5 и 92,4 %, ярутки полевой – 86,6 и 92,9 %, пикульника обыкновенного – 83,4 и 94,5 %, видов горца – 72,1 и 76,0 %, фиалки полевой – 74,8 %, щирицы запрокинутой – 70,9 %, пастушьей сумки 66,2 и 68,7 % при снижении их массы соответственно на 96,1 и 96,7 %; 86,9 и 90,7 %; 97,4 и 98,1 %; 83,6 и 90,0 %; 73,5 и 75,2 %; 80,0 %; 65,4 и 70,8 %. В варианте с применением гербицида Базагран, ВР (3,0 л/га) (эталон) гибель и снижение массы таких видов сорняков, как марь белая, виды горцев, были несколько ниже по сравнению с использованием гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га). Последний превосходил по биологической эффективности Базагран, ВР (3,0 л/га) в уничтожении пикульника обыкновенного лишь при внесении максимальной нормы расхода (1,6 л/га). У других видов сорняков различий по биологической эффективности между изучаемыми гербицидами либо не отмечалось, либо Базагран, ВР (3,0 л/га) имел незначительное преимущество.

Биологическая эффективность препарата Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га) против проса куриного составила 91,7 %, снижение массы 89,8 и 87,2 %, соответственно.

Анализ засоренности посевов гороха через 60 дней после внесения гербицидов показал, что в среднем за годы исследований при использовании гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га) биологическая эффективность была равна соответственно 75,4 и 77,6 % (таблица 2). Биологическая эффективность гербицида Базагран, ВР (3,0 л/га) составила в среднем 74,3 %, что ниже показателей в вариантах, где применялся препарат Корсар Супер, ВРК на 1,1 и 3,3 % соответственно.

Определение численности сорняков перед уборкой гороха показало, что в среднем за 2018-2019 гг. при внесении гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га) биологическая эффективность составила 71,3 и 74,9 %, соответственно (таблица 3). Биологическая эффективность препарата Базагран, ВР (3,0 л/га) была равна 71,9 %, что на 0,6 % выше, чем в варианте, где применялся Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га), но на 3,0 % ниже по сравнению с вариантом, где использовали Корсар Супер, ВРК (1,6 л/га).

Основным показателем эффективности изучаемых агроприемов является урожайность возделываемых культур. Установлено, что в среднем за годы исследований урожайность зерна гороха составила в варианте без применения гербицидов 24,1 ц/га (таблица 4). В эталонном варианте Базагран, ВР (3,0 л/га) этот показатель был равен 27,3 ц/га, что на 3,2 ц/га или 13,3 % выше по сравнению с

Таблица 1 – Биологическая эффективность применения гербицидов, через 30 дней после химической прополки, %

Вариант	Виды сорняков							Общее коли- чество		
	Марь белая	Виды горцев	Ярутка полевая	Пас- тушья сумка	Щирица запроки- нутая	Пикульник обычно- венный	Фиалка поле- вая		Всего дву- дольных сорняков	Однодоль- ные (просо куриное)
2018 г.										
Вариант (без обработки)*	<u>32</u> <u>30,5</u>	<u>8</u> <u>15,5</u>	<u>14</u> <u>8,5</u>	<u>60</u> <u>54,2</u>	<u>3</u> <u>2,8</u>	<u>2</u> <u>2,0</u>	<u>27</u> <u>18,2</u>	<u>146</u> <u>131,7</u>	<u>6</u> <u>3,9</u>	<u>152</u> <u>135,6</u>
Базатран (эталон)	87,5 91,8	62,5 83,2	92,9 89,4	70,0 73,2	66,7 67,9	100,0 100,0	77,8 71,4	77,4 79,8	- -	77,4 79,8
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	<u>90,6</u> 93,1	<u>75,0</u> 85,8	<u>85,7</u> 82,4	<u>73,3</u> 74,7	<u>66,7</u> 82,1	<u>100,0</u> 100,0	<u>70,4</u> 72,0	<u>78,1</u> 80,3	<u>83,3</u> 79,5	<u>78,3</u> 80,2
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	<u>93,8</u> 94,4	<u>75,0</u> 87,1	<u>92,9</u> 89,4	<u>78,3</u> 82,7	<u>66,7</u> 78,6	<u>100,0</u> 100,0	<u>70,4</u> 76,9	<u>82,2</u> 85,7	<u>83,3</u> 74,4	<u>82,2</u> 85,4
2019 г.										
Вариант (без обработки)*	<u>22</u> <u>150,0</u>	<u>13</u> <u>25,8</u>	<u>14</u> <u>16,2</u>	<u>22</u> <u>10,7</u>	<u>4</u> <u>2,7</u>	<u>9</u> <u>23,1</u>	<u>24</u> <u>12,8</u>	<u>108</u> <u>241,3</u>	<u>5</u> <u>2,6</u>	<u>113</u> <u>243,9</u>
Базатран (эталон)	86,4 85,9	69,2 83,7	92,9 95,1	68,2 70,1	75,0 85,2	77,8 96,1	75,0 70,3	77,8 85,7	- -	77,8 85,7
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	<u>86,4</u> 99,1	<u>69,2</u> 81,4	<u>85,7</u> 91,4	<u>59,1</u> 56,1	<u>75,0</u> 77,8	<u>66,7</u> 94,8	<u>79,2</u> 75,0	<u>75,9</u> 93,1	<u>100,0</u> 100,0	<u>76,1</u> 92,9
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	<u>90,9</u> 98,9	<u>76,9</u> 92,6	<u>92,9</u> 92,0	<u>59,1</u> 58,9	<u>75,0</u> 81,5	<u>88,9</u> 96,1	<u>79,2</u> 73,4	<u>79,6</u> 94,2	<u>100,0</u> 100,0	<u>80,5</u> 94,2
Среднее за 2018-2019 гг.										
Вариант (без обработки)*	<u>27</u> <u>90,3</u>	<u>11</u> <u>20,7</u>	<u>14</u> <u>12,4</u>	<u>41</u> <u>32,5</u>	<u>4</u> <u>2,8</u>	<u>6</u> <u>12,6</u>	<u>26</u> <u>16,0</u>	<u>127</u> <u>186,5</u>	<u>6</u> <u>3,3</u>	<u>133</u> <u>189,8</u>
Базатран (эталон)	87,0 88,9	65,9 83,5	92,9 92,3	69,1 71,7	71,0 77,0	88,9 98,1	76,4 70,9	77,6 82,8	- -	77,6 82,8
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	<u>88,5</u> 96,1	<u>72,1</u> 83,6	<u>86,6</u> 86,9	<u>66,2</u> 65,4	<u>70,9</u> 80,0	<u>83,4</u> 97,4	<u>74,8</u> 73,5	<u>77,0</u> 86,7	<u>91,7</u> 89,8	<u>77,2</u> 86,6
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	<u>92,4</u> 96,7	<u>76,0</u> 90,0	<u>92,9</u> 90,7	<u>68,7</u> 70,8	<u>70,9</u> 80,0	<u>94,5</u> 98,1	<u>74,8</u> 75,2	<u>80,9</u> 90,0	<u>91,7</u> 87,2	<u>81,4</u> 89,8

* - Примечание: В контроле (без обработки) в числителе – указана численность (шт./м²); в знаменателе указана масса сорняков (г/м²);

Таблица 2 – Биологическая эффективность применения гербицидов, через 60 дней после химической прополки, %

Вариант	Виды сорняков								Общее количество	
	Марь белая	Виды горцев	Ярутка полевая	Пастушья сумка	Щирца запрокинутая	Пенуль-ник, обыкновенный	Фиалка полевая	Всего двудольных сорняков		
2018 г.										
Вариант (без обработки)*	31	8	12	48	3	2	25	129	12	141
Базатран (эталон)	87,1	62,5	100,0	66,7	66,7	100,0	80,0	77,5	-	77,5
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	90,3	75,0	83,3	66,7	66,7	100,0	76,0	76,7	75,0	76,6
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	93,5	75,0	91,7	68,8	66,7	100,0	76,0	79,1	83,3	79,4
2019 г.										
Вариант (без обработки)*	24	14	15	27	4	8	22	114	10	124
Базатран (эталон)	79,2	64,3	73,3	66,7	75,0	75,0	68,2	71,1	-	71,1
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	83,3	71,4	73,3	74,1	50,0	62,5	72,7	73,7	80,0	74,2
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	87,5	64,3	86,7	70,4	75,0	87,5	63,6	75,4	80,0	75,8
Среднее за 2018-2019 гг.										
Вариант (без обработки)*	28	11	14	38	4	5	24	122	11	133
Базатран (эталон)	83,2	63,4	86,7	66,7	70,9	87,5	74,1	74,3	-	74,3
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	86,8	73,2	78,3	70,4	58,4	81,3	74,4	75,2	77,5	75,4
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	90,5	69,7	89,2	69,6	70,9	93,8	69,8	77,3	81,7	77,6

* - Примечание. В контроле (без обработки) указана численность (шт./м²)

Таблица 3 – Биологическая эффективность применения гербицидов, перед уборкой гороха, %

Вариант	Виды сорняков								Общее количество
	Марь белая	Виды горцев	Ярутка полевая	Пастушья сумка	Щирца запрокинутая	Пикунник, обыкновенный	Финка полевая	Всего двудольных сорняков	
	2018 г.								
Вариант (без обработки)*	32	8	10	41	3	2	23	119	135
Базарган (эталон)	81,3	62,5	100,0	63,4	66,7	100,0	82,6	75,6	71,1
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	84,4	62,5	100,0	65,9	66,7	100,0	82,6	77,3	74,8
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	87,5	75,0	100,0	68,3	66,7	100,0	87,0	80,7	78,5
2019 г.									
Вариант (без обработки)*	21	14	16	21	5	8	22	107	118
Базарган (эталон)	76,2	64,3	81,3	57,1	60,0	75,0	63,6	68,2	66,9
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	71,4	71,4	75,0	57,1	60,0	62,5	63,6	66,4	67,8
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	81,0	64,3	81,3	61,9	40,0	87,5	63,6	70,1	71,2
Среднее за 2018-2019 гг.									
Вариант (без обработки)*	27	11	13	31	4	5	23	113	126
Базарган (эталон)	78,8	63,4	90,7	60,3	63,4	87,5	73,1	71,9	69,0
Корсар Супер, ВРК 1,2 л/га	77,9	67,0	87,5	61,5	63,4	81,3	73,1	71,9	71,3
Корсар Супер, ВРК 1,6 л/га	84,3	69,7	90,7	65,1	53,4	93,8	75,3	75,4	74,9

* - Примечание. В контроле (без обработки) указана численность (шт./м²)

Таблица 4 – Влияние гербицидов на урожайность зерна гороха, ц/га

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожайность, ц/га			Прибавка к контролю	
		2018 г.	2019 г.	среднее	ц/га	%
Контроль (без обработки)	-	24,3	23,9	24,1	-	-
Базагран, ВР (эталон)	3,0 л/га	27,5	27,1	27,3	3,2	13,3
Корсар Супер, ВРК	1,2 л/га	28,4	27,9	28,2	4,1	17,0
Корсар Супер, ВРК	1,6 л/га	29,2	28,5	28,9	4,8	19,9
НСР ₀₅		3,2	3,1			

контролем. При применении гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га) урожайность зерна гороха составила 28,2 и 28,9 ц/га, т.е. прибавка в этом случае была равна соответственно 4,1 и 4,8 ц/га или 17,0 и 19,9 % по сравнению с контролем.

Обработка посевов гороха гербицидами оказала положительное влияние на формирование основных элементов структуры урожайности. Так, применение гербицида Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га) увеличило в среднем за 2018-2019 гг. количество бобов на одном растении по сравнению с контролем с 5,9 до 6,1-6,2 шт., количество семян в бобе с 4,0 до 4,2-4,4 шт., количество семян с растения с 23,6 до 25,0-26,7 шт. и массу семян с растения с 3,8 до 4,1-4,3 г, т.е. соответственно на 3,4-5,1 %; 5,0-10,0 %; 5,9-13,1 %; 7,9-13,2 %, что в конечном итоге отразилось на урожайности зерна в данных вариантах (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние гербицида Корсар Супер, ВРК на формирование элементов структуры урожайности гороха (среднее за 2018-2019 гг.)

Вариант	Элементы структуры урожайности						
	число растений к уборке, шт/м ²	высота растений, см	количество бобов на 1 раст., шт.	количество семян в бобе, шт.	количество семян с 1 раст., шт.	масса семян с 1 раст., г	масса 1000 семян, г
Контроль (без обработки)	78	80,0	5,9	4,0	23,6	3,8	161,7
Базагран, ВР (3,0 л/га)(эталон)	83	89,3	6,1	4,1	24,4	3,9	160,2
Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га)	82	87,1	6,1	4,2	25,0	4,1	163,8
Корсар Супер, ВРК (1,6 л/га)	80	88,7	6,2	4,4	26,7	4,3	161,0

Четкой закономерности по влиянию этого гербицида на массу 1000 семян гороха не отмечалось. При использовании гербицида Базагран, ВР (3,0 л/га) повышение указанных выше показателей по сравнению с контролем было равно соответственно 3,4; 2,5; 3,4; 2,6 %, т.е. являлось менее существенным, чем при использовании гербицида Корсар Супер, ВРК. Это является причиной различий изучаемых гербицидов по влиянию на урожайность гороха.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что гербицид Корсар Супер, ВРК (1,2 л/га) и (1,6 л/га) при смешанном типе засоренности посевов в среднем за 2018-2019 гг. обеспечил высокую биологическую эффективность против однолетних двудольных и злаковых сорняков (77,2-81,4 %), что способствовало повышению урожайности зерна гороха по сравнению с контролем на 4,1 и 4,8 ц/га (17,0 и 19,9 %) соответственно.

Литература

1. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Минск: «ФУАинформ», 2000. – 264 с.
2. Баздырев, Г.И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии / Г.И. Баздырев, Л.И. Зотов, В.Д. Полин. – М.: Изд-во МСХА, 2004. – 288 с.
3. Гусаков, В.Г. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – 460 с.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

IMPACT OF THE CORSAIR SUPER HERBICIDE ON WEED INFESTATION OF PLANTINGS AND GRAIN YIELD OF PEAS

V.Ch. Shor, M.V. Evseenko, M.N. Kritsky, Yu.I. Peshko

The paper presents the research results on the impact of the herbicide Corsair Super, WSC (1.2-1.6 l/ha) on weed infestation of plantings and grain yield of peas. It's established, that biological efficiency of the preparation is 77.2 – 81.4% in terms of the number of weeds and 86.6 – 89.8% with respect to their weight. With the use of the standard herbicide Basagran, WS (3.0 l/ha) the indicators are 77.6 and 82.8%, respectively. The application of the herbicide Corsair Super, WSC (1.2-1.6 l/ha) provides 17.0 and 19.9% of the grain yield increase of peas in comparison with the control, and the herbicide Basagran, WS (3.0 l/ha) – 13.3 %.

УДК 633.11.«324»:632 [954+51]:631.559

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ И СРОКОВ ИХ ВНЕСЕНИЯ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А.П. Гвоздов, кандидат с.-х. наук, **Л.А. Булавин**, доктор с.-х. наук,

В.Д. Кранцевич, **М.А. Белановская**, **С.А. Пынतिकов**,

Л.И. Гвоздова, кандидат с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Потутила 15.02.2021)

Рецензент: Сацюк И.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению эффективности применения гербицидов на посевах озимой пшеницы. Установлено, что в сложившихся условиях наибольшую гибель сорняков обеспечили гербициды Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) и Комплит Форте, КС (0,5

л/га) при внесении в фазу осеннего кушения культуры. Численность сорных растений в этом случае уменьшилась соответственно на 99,4 и 98,5 %, а их сырая масса – на 99,9 и 99,8 %. Это обеспечило наибольшую прибавку урожайности зерна озимой пшеницы (39,2 %). Применение изучаемых гербицидов до появления всходов озимой пшеницы способствовало увеличению урожайности на 22,2-26,7 %, в фазу 2 листа – 31,1-34,4 %, в фазу весеннего кушения культуры – 27,3-30,1 %.

В настоящее время в Беларуси большое внимание уделяется возделыванию озимой пшеницы, которая является важнейшей зерновой культурой в республике. Площадь озимой пшеницы в Беларуси в 2020 г. составила 561,2 тыс. га или 10,4 % пашни. Получение высококачественного зерна этой культуры имеет важное значение, т.к. устраняет необходимость приобретения его за рубежом.

Одной из биологических особенностей озимой пшеницы является низкая конкурентоспособность по отношению к сорным растениям. Экономический порог вредоносности однолетних сорняков для этой культуры составляет 20 шт./м² [2]. Поэтому для формирования высокой урожайности зерна озимой пшеницы необходимо эффективное уничтожение сорных растений в ее посевах [4].

Условия и методика исследований. В 2018-2020 гг. в Смолевичском районе Минской области изучали эффективность применения гербицидов на посевах озимой пшеницы. Исследования проводили по общепринятой методике [1] на высококультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,45-2,67 %, P₂O₅ – 303-314 мг/кг, K₂O – 289-301 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,9-6,3). В 2018 г. озимую пшеницу сорта *Элегия* высевали по вспашке после овса, а в 2019 г. – после гороха. Норма посева озимой пшеницы 4,0 млн/га всхожих семян. Фосфорные и калийные удобрения (P₆₀K₁₂₀) вносили под основную обработку почвы, азотные (N₇₀) – в начале активной вегетации растений и N₅₀ – в начале выхода в трубку. Изучаемые гербициды вносили в соответствии со схемой опыта до появления всходов культуры, в фазу 2 листа, в фазу осеннего и весеннего кушения. Норма расхода рабочего раствора 200 л/га.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. За осеннюю часть периода вегетации озимой пшеницы в 2018 г. сумма активных температур превышала норму на 24,1 %, а в 2019 г. – на 40,4 % при количестве атмосферных осадков ниже среднееголетнего уровня соответственно на 12,7 и 0,8 %. За весенне-летнюю часть периода вегетации этой культуры сумма активных температур в 2019 г. была выше нормы на 18,6 %, а в 2020 г. – на 3,6 % при превышении количества атмосферных осадков среднееголетнего уровня соответственно на 11,2 и 48,2 %. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2019 г. составил 1,56, а в 2020 г. – 2,43 при среднееголетнем значении этого показателя для региона, где проводили исследования, 1,67. Это оказало определенное влияние на развитие сорного ценоза в посевах озимой пшеницы, а также на уровень ее урожайности.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты учета засоренности посевов озимой пшеницы, проведенного в фазу колошения этой культуры, показали, что в контрольных вариантах в среднем за 2019-2020 гг. численность сорняков составила 180 и 182 шт./м², а их сырая масса 673,6 и 674,2 г/м². В вариантах, где до всходов озимой пшеницы использовали гербициды Марафон, ВК (4,0 л/га) и Комплит Форте, КС (0,5 л/га), гибель сорняков через 30 дней после внесения составила соответственно 92,5 и 98,1 %, а снижение сырой массы на 92,4 и 97,6 % (таблица 1).

При довсходовом внесении гербицида Комплит Форте, КС (0,5 л/га) отмечалась полная гибель вероники персидской, звездчатки средней, мари белой, метлицы обыкновенной, пастушьей сумки, ромашки непахучей, фиалки трехцветной. В варианте с использованием в этот срок гербицида Марафон, ВК (4,0 л/га) гибель указанных выше сорняков находилась в пределах 73,4-99,3 % при снижении сырой массы на 79,0-99,6 %. При довсходовом внесении указанных выше гербицидов численность горца вьюнкового снижалась соответственно на 94,5 и 88,9 %, пикульника обыкновенного – на 85,4 и 70,9 %, подмаренника цепкого – на 90,0 и 80,0 %, падалицы рапса – на 75,0 и 50,0 %, а их сырая масса – на 97,8 и 91,5; 94,8 и 86,8; 98,6 и 89,0; 78,0 и 59,1 % (таблица 1).

При внесении в фазу 2 листа озимой пшеницы гербицидов Марафон, ВК (4,0 л/га), Тринити, КС (2,25 л/га), Комплит Форте, КС (0,5 л/га), Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) гибель сорняков составила соответственно 92,9; 96,3; 98,5; 99,4 % при снижении их сырой массы на 96,8; 98,4; 99,4; 99,8 %.

При внесении в фазу 2 листа озимой пшеницы всех изучаемых гербицидов в сложившихся условиях имело место полное уничтожение в посевах этой культуры вероники персидской, звездчатки средней, пастушьей сумки. Фиалку трехцветную и метлицу обыкновенную полностью не уничтожал только гербицид Марафон, ВК (4,0 л/га), снижавший их численность на 90,0 и 96,6 %, а сырую массу на 94,1 и 97,6 %. Подмаренник цепкий и ромашка непахучая присутствовали в посевах озимой пшеницы при внесении гербицидов Марафон, ВК (4,0 л/га) и Тринити, КС (2,25 л/га). Под влиянием этих гербицидов численность указанных выше сорняков уменьшалась соответственно на 90,0 и 80,0 %, а сырая масса на 95,2-99,0 и 93,4-94,3 %. При использовании изучаемых гербицидов гибель горца вьюнкового находилась в пределах 88,9-94,5 %, мари белой – 78,4-95,0 %, пикульника обыкновенного – 70,9-93,8 %, падалицы рапса – 83,3-91,7 % при снижении их сырой массы соответственно на 90,4-96,1; 88,7-99,1; 87,2-98,2; 95,0-98,3 %. Наибольших эффект в уничтожении этих сорняков, как правило, обеспечивали Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) и Комплит Форте, КС (0,5 л/га), а наименьший – Марафон, ВК (4,0 л/га).

При использовании гербицидов в фазу осеннего кущения озимой пшеницы численность сорных растений снижалась на 86,6-99,4 %, а сырая масса – на 89,6-99,9 %. Наименьший эффект имел место при внесении гербицида Марафон, ВК (4,0 л/га). Существенных различий по снижению, указанных выше показателей между гербицидами Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) и Комплит Форте, КС (0,5 л/га) не отмечалось (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние гербицидов при осеннем внесении на засоренность посевов озимой пшеницы через 30 дней после химической прополки (среднее за 2019-2020 гг.)

Вид сорняка	Контроль (без обра- ботки)	Марафон, ВК, 4,0 л/га				Комплит Форте, КС, 0,5 л/га				Марафон, ВК, 4,0 л/га				Комплит Форте, КС, 0,5 л/га				Алистер Гранд, МД, 0,75 л/га				Тринити, КС, 2,25 л/га				Марафон, ВК, 4,0 л/га				Комплит Форте, КС, 0,5 л/га				Алистер Гранд, МД, 0,75 л/га					
				до выходов																																			
		шт./м ²	г/м ²	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
Всего сорняков	180	673,6	92,5	92,4	98,1	97,6	92,9	96,8	98,5	99,4	99,8	96,3	98,4	86,6	89,6	98,5	99,8	99,4	99,8	96,3	98,4	86,6	89,6	98,5	99,8	99,4	99,8	99,4	99,8	99,4	99,8	99,4	99,8	99,4	99,8				
Вероника перелесная	5	2,5	90,0	79,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Гореч выкопный	6	5,1	88,9	91,5	94,5	97,8	88,9	90,4	94,5	96,1	94,5	94,5	94,9	88,9	88,1	94,5	99,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Звездчатка средняя	7	147,9	92,9	94,7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Мать белая	7	11,2	73,4	86,9	100	100	90,0	97,8	95,0	99,1	95,0	99,1	88,7	73,4	88,3	95,0	99,1	95,0	99,1	88,7	73,4	88,3	95,0	99,1	95,0	99,1	95,0	99,1	95,0	99,1	95,0	99,1	95,0	99,1	95,0				
Метлица обыкновенная	9	8,0	85,0	95,9	100	100	90,0	94,1	100	100	100	100	100	80,0	82,8	100	100	100	100	100	100	80,0	82,8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Пастушья сумка	11	50,3	95,5	95,8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	81,8	83,9	100	100	100	100	100	100	81,8	83,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Падалица рапса	6	89,5	50,0	59,1	75,0	78,0	83,3	95,0	91,7	98,0	91,7	98,3	91,7	66,7	90,5	91,7	99,4	91,7	98,3	91,7	97,9	66,7	90,5	91,7	99,4	91,7	98,3	91,7	97,9	66,7	90,5	91,7	99,4	91,7					
Пикульник обыкновенный	7	26,8	70,9	86,8	85,4	94,8	70,9	87,2	85,4	93,7	93,8	98,2	85,4	90,8	90,6	91,7	98,9	93,8	98,2	85,4	94,1	90,8	90,6	91,7	98,9	93,8	96,0	93,8	96,0	93,8	96,0	93,8	96,0	93,8					
Подмаренник цепкий	5	18,8	80,0	89,0	90,0	98,6	90,0	95,2	100	100	100	100	90,0	75,0	77,4	100	100	100	100	90,0	99,0	75,0	77,4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
Ромашка непахучая	5	34,9	80,0	88,0	100	100	80,0	93,4	100	100	100	100	80,0	60,0	77,1	90,0	99,7	100	100	80,0	94,3	60,0	77,1	90,0	99,7	100	100	100	100	100	100	100	100	100					
Фиалка трехцветная	112	278,6	99,3	99,6	100	100	96,6	97,6	100	100	100	100	100	93,2	95,8	100	100	100	100	100	100	93,2	95,8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				

Примечание: в контрольном варианте представлена численность сорняков (шт./м²) и сырая масса сорняков (г/м²), в других вариантах – снижение указанных выше показателей (%)

При внесении в фазу осеннего кушения озимой пшеницы все изучаемые гербициды полностью уничтожали веронику персидскую. Звездчатка средняя, метлица обыкновенная, пастушья сумка, подмаренник цепкий, фиалка трехцветная присутствовали в посевах лишь при внесении гербицида Марафон, ВК (4,0 л/га), который снижал их численность соответственно на 64,3; 80,0; 81,8; 75,0; 93,2 %, а сырую массу на 72,1; 82,8; 83,9; 77,4; 95,8 %. Полную гибель горца вьюнкового и ромашки непахучей обеспечил лишь гербицид Алистер Гранд, МД (0,75 л/га). Под влиянием других гербицидов их гибель составила соответственно 88,9-94,5; 60,0-90,0 при снижении сырой массы на 88,1-99,5; 77,1-99,7 %. При этом наименьшей эффективностью отмечался гербицид Марафон, ВК (4,0 л/га). Изучаемые гербициды снижали численность мари белой на 73,4-95,0 %, пикульника обыкновенного на 91,7-93,8 %, падалицы рапса на 66,7-91,7 %, а их сырую массу на 88,3-99,1; 90,6-98,9 и 90,5-99,4 %. Наименьший эффект в уничтожении этих сорняков отмечался при внесении Марафон, ВК (4,0 л/га), а наибольший – Комплит Форте, КС (0,5 л/га) и Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) (таблица 1).

При внесении гербицидов в фазу весеннего кушения озимой пшеницы гибель сорняков находилась в пределах 86,1-97,9 %, а снижение их сырой массы – 93,1-98,7 %. Наименьший эффект в снижении засоренности посевов отмечался при внесении гербицида Гусар Актив Плюс, МД (0,6 л/га), а наибольший – Гусар Актив Плюс, МД (1,0 л/га) (таблица 2).

При внесении изучаемых гербицидов в фазу весеннего кушения озимой пшеницы отмечалась полная гибель мари белой, метлицы обыкновенной, пикульника обыкновенного. Горец вьюнковый, кроме контроля, произрастал лишь в варианте, где вносили Гусар Актив Плюс, МД (0,6 л/га), который снижал его численность и сырую массу на 90,0 %.

Вероника персидская и падалица рапса присутствовали в посевах при использовании гербицида Гусар Актив Плюс, МД (0,6 л/га), который обеспечил их гибель соответственно 87,5 и 90,9 % при снижении сырой массы на 95,5 и 98,3 %. Не обеспечил полную гибель подмаренника цепкого и ромашки непахучей гербицид Гусар Актив Плюс, МД (0,6-0,7 л/га), который снижал их численность на 83,4 и 71,7-90,0 %, а сырую массу – на 94,5-98,8 и 85,5-95,7 %. Наименьший эффект в уничтожении подмаренника цепкого и ромашки непахучей имел место при использовании Гусар Актив Плюс, МД (0,6 л/га). Полную гибель пастушьей сумки обеспечил Гусар Актив Плюс, МД (1,0 л/га). Под влиянием других норм расхода этого гербицида ее гибель составила 85,0-90,0 %, а снижение сырой массы – 94,6-97,3 %. При использовании изучаемых гербицидов численность звездчатки средней снижалась на 71,4-92,9 %, фиалки трехцветной на 81,9-98,2 % при снижении сырой массы на 94,7-98,7 и 92,5-98,6 %. Минимальный эффект в уничтожении этих сорняков обеспечил Гусар Актив Плюс, МД (0,6 л/га), а максимальный – Гусар Актив Плюс, МД (1,0 л/га).

Изучаемые гербициды в период исследований оказывали неодинаковое влияние на урожайность зерна озимой пшеницы. Это связано с тем, что уровень засоренности посевов этой культуры в годы исследований существенно разли-

Таблица 2 – Влияние гербицидов при внесении в фазу весеннего кушения озимой пшеницы на засоренность посевов через 30 дней после химической прополки (среднее за 2019-2020 гг.)

Вид сорняка	Контроль (без обработки)		Гусар Актив Плюс, МД, 0,6 л/га		Гусар Актив Плюс, МД, 0,7 л/га		Гусар Актив Плюс, МД, 0,8 л/га		Гусар Актив Плюс, МД, 1,0 л/га	
	шт./м ²	г/м ²	%	%	%	%	%	%	%	%
Всего сорняков	182	674,2	86,1	93,1	91,2	95,9	95,0	97,5	97,9	98,7
Вероника персидская	5,0	2,7	87,5	95,5	100	100	100	100	100	100
Горец вьюнковый	7,0	5,6	90,0	90,0	100	100	100	100	100	100
Звездчатка средняя	7,0	150,8	71,4	94,7	78,6	97,1	85,7	97,9	92,9	98,7
Марь белая	6,0	10,6	100	100	100	100	100	100	100	100
Метлица обыкновенная	10,5	8,1	100	100	100	100	100	100	100	100
Пастушья сумка	9,5	45,4	85,0	94,6	85,0	96,2	90,0	97,3	100	100
Падалица рапса	5	80,9	90,9	98,3	100	100	100	100	100	100
Пикульник обыкновенный	7,5	29,1	100	100	100	100	100	100	100	100
Подмаренник цепкий	3,0	14,7	83,4	94,5	83,4	98,8	100	100	100	100
Ромашка непахучая	5,5	37,4	71,7	85,5	90,0	95,7	100	100	100	100
Фиалка трехцветная	114	288,9	81,9	92,5	96,2	96,7	97,8	98,2	98,2	98,6

Примечание: в контрольном варианте представлена численность (шт./м²) и сырая масса сорняков (г/м²), в других вариантах – снижение указанных выше показателей (%)

чался. Так, если в контрольном варианте, где гербициды не вносили, численность сорняков в посевах озимой пшеницы в фазу колошения, когда проводили первый учет засоренности, составила в 2019 г. 302 шт./м², а их сырая масса – 997,9 г/м², то в 2020 г. эти показатели были равны 56 шт./м² и 349,3 г/м². По этой причине урожайность зерна озимой пшеницы в 2019 г. составила в контрольных вариантах 28,4-28,8 ц/га, а прибавка от применения гербицидов – 17,0-29,1 ц/га (59,9-102,1 %) в зависимости от применяемого гербицида и срока его внесения. В 2020 г. указанные выше показатели были равны соответственно 62,1-62,4 ц/га, 3,2-6,5 ц/га (5,1-10,4 %). В среднем за 2 года урожайность зерна в контрольном варианте составила 45,4-45,5 ц/га, а прибавка от химической прополки – 10,1-17,8 ц/га (22,2-39,2 %).

На величину прибавки урожайности зерна озимой пшеницы от применения гербицидов определенное влияние оказывала динамика появления всходов сорняков в посевах этой культуры. Так, если при внесении гербицидов в фазу 2 ли-

ста озимой пшеницы численность сорняков в ее посевах составила в среднем за два года 139 шт./м², то при их применении в фазу осеннего кушения – 213 шт./м², т.е. в 1,5 раза больше. Это свидетельствует о том, что в последнем случае токсическому действию гербицидов подвергалось значительно большее число сорных растений, что повышало эффективность применения изучаемых препаратов.

Известно, что эффективность гербицидов почвенного действия в меньшей степени, чем гербицидов других групп, зависит от погодных условий и физиологического состояния сорных растений, но одно из необходимых условий при их применении – достаточная влажность верхнего слоя почвы [3]. Необходимо отметить, что в первой и второй декадах сентября 2018 г. и 2019 г., когда проводили предпосевную обработку почвы, посев озимой пшеницы и довсходовое внесение изучаемых гербицидов, количество атмосферных осадков составило соответственно 45,5 и 19,3 % среднемноголетнего уровня. В таких условиях при внесении гербицидов Марафон, ВК (4,0 л/га), Комплит Форте, КС (0,5 л/га) до появления всходов культуры прибавка урожайности зерна озимой пшеницы по сравнению с контролем составила соответственно 10,1 и 12,1 ц/га или 22,2 и 26,7 % (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние гербицидов на урожайность зерна озимой пшеницы (среднее за 2019-2020 гг.)

Вариант	Срок внесения	Урожайность, ц/га			Прибавка	
		2019 г.	2020 г.	среднее	ц/га	%
Контроль (без обработки)	–	28,4	62,4	45,4	–	–
Марафон, ВК, 4,0 л/га	до всходов	45,4	65,6	55,5	10,1	22,2
Комплит Форте, КС, 0,5 л/га	до всходов	48,6	66,3	57,5	12,1	26,7
Марафон, ВК, 4,0 л/га	2 листа	53,1	65,9	59,5	14,1	31,1
Комплит Форте, КС, 0,5 л/га	2 листа	54,5	66,7	60,6	15,2	33,5
Алистер Гранд, МД, 0,75 л/га	2 листа	54,7	67,2	61,0	15,6	34,4
Тринити, КС, 2,25 л/га	2 листа	53,9	66,1	60,0	14,6	32,2
Марафон, ВК, 4,0 л/га	Кушение (осень)	52,9	66,2	59,6	14,2	31,3
Комплит Форте, КС, 0,5 л/га	Кушение (осень)	57,4	68,9	63,2	17,8	39,2
Алистер Гранд, МД, 0,75 л/га	Кушение (осень)	57,6	68,7	63,2	17,8	39,2
Контроль (без обработки)	–	28,8	62,1	45,5	–	–
Гусар Актив Плюс, МД, 0,6 л/га	Кушение (весна)	49,8	66,0	57,9	12,4	27,3
Гусар Актив Плюс, МД, 0,7 л/га	Кушение (весна)	51,5	66,8	59,2	13,7	30,1
Гусар Актив Плюс, МД, 0,8 л/га	Кушение (весна)	51,3	67,0	59,2	13,7	30,1
Гусар Актив Плюс, МД, 1,0 л/га	Кушение (весна)	50,9	67,1	59,0	13,5	29,7

НСР₀₅

2,7

3,7

При внесении изучаемых гербицидов в фазу 2 листьев озимой пшеницы отмечалась тенденция к увеличению урожайности. В вариантах с применением Марафон, ВК (4,0 л/га), Тринити, КС (2,25 л/га), Комплит Форте, КС (0,5 л/га), Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) прибавка была равна соответственно 14,1; 14,6; 15,2; 15,6 ц/га, т.е. 31,1; 32,2; 33,5; 34,4 %. Наибольшую прибавку при этом сроке внесения обеспечил гербицид Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) (таблица 3).

Максимальную урожайность озимая пшеница в сложившихся в период исследования условиях сформировала при внесении гербицидов в фазу осеннего кушения. Наибольшим этот показатель был в вариантах, где применяли Комплит Форте, КС (0,5 л/га) и Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) – 63,2 ц/га. Прибавка в этом случае была равна 17,8 ц/га, т.е. 39,2 %.

При использовании в эту фазу гербицида Марафон, ВК (4,0 л/га) урожайность зерна озимой пшеницы увеличивалась по сравнению с контролем на 14,2 ц/га, т.е. на 31,3 %.

При внесении гербицидов в фазу весеннего кушения озимой пшеницы наименьшую прибавку урожайности обеспечил Гусар Актив Плюс, МД (0,6 л/га) – 12,4 ц/га (27,3 %). При его использовании в нормах 0,7; 0,8; 1,0 л/га прибавка урожайности составила 13,7; 13,7; 13,5 ц/га (30,1; 30,1; 29,7 %).

Выводы

1. Эффективность изучаемых гербицидов в уничтожении сорняков в посевах озимой пшеницы находилась в определенной зависимости не только от используемого препарата, но и от срока его применения. В сложившихся в период проведения исследований условиях наибольшую гибель сорняков обеспечили Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) и Комплит Форте, КС (0,5 л/га) при внесении в фазу осеннего кушения культуры. Численность сорных растений в этом случае уменьшилась на 99,4 и 98,5 %, а их сырая масса – на 99,9 и 99,8 % соответственно. При весеннем внесении гербицидов максимальное снижение указанных выше показателей (97,9 и 98,7 %) отмечалось при использовании гербицида Гусар Актив Плюс, МД (1,0 л/га). Только применение этого гербицида весной (0,7-1,0 л/га) обеспечило полную гибель в посевах озимой пшеницы падалицы рапса.

2. Наибольшая прибавка урожайности зерна озимой пшеницы была получена при внесении в фазу осеннего кушения культуры гербицидов Алистер Гранд, МД (0,75 л/га) и Комплит Форте, КС (0,5 л/га) – 17,8 ц/га или 39,2 %. Применение изучаемых гербицидов до появления всходов озимой пшеницы способствовало увеличению урожайности на 10,1-12,1 ц/га (22,2-26,7 %), в фазу 2 листа – 14,1-15,6 ц/га (31,1-34,4 %), а в фазу весеннего кушения культуры – 12,4-13,7 ц/га (27,3-30,1 %).

Литература

1. Доспехов, Б.А. Методика опытного дела. – М.: Колос, 1979. – 415 с.
2. Сорока, С.В. Распространенность и вредоносность сорных растений в посевах озимых зерновых культур в Беларуси / С.В. Сорока, Л.И. Сорока // РУП «Ин-т защиты растений». – Минск: Колоград. – 2016. – С. 83-84.

3. Сорока, С.В. Эффективность химической прополки озимых зерновых культур / С.В. Сорока; РУП «Институт защиты растений». – Минск: Колоград, 2018. – 188 с.

4. Шпаар, Д. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование) Д. Шпаар [и др.] / Под общ. ред. Д. Шпаара. – М.: ИД ООО DLV Агродело, 2008. – 656 с.

IMPACT OF HERBICIDES AND DATES OF THEIR APPLICATION ON WEED INFESTATION AND YIELD OF WINTER WHEAT

A.P. Gvozдов, L.A. Bulavin, S.A. Pyntikov, V.D. Krantsevich, M.A. Belanovskaya, L.I. Gvozдова

The article presents the results of the research on herbicides application to winter wheat plants. It's established that under the existing conditions the herbicides Alister Grande, OD (0.75 L/ha) and Complete Forte, SC (0.5 L/ha) ensure the greatest destruction of weeds when applied at the autumn tillering stage of the crop. In this case the number of weeds reduces by 99.4 % and 98.5 % respectively and their wet weight – by 99.9 % and 99.8 %. This provides the greatest increase of winter wheat yield (39.2 %). The application of the studied herbicides before winter wheat sprouting promotes the yield increase by 22.2-26.7 %, at the 2-leaf stage – by 31.1-34.4 %, and at the spring tillering stage – by 27.3-30.1 %.

УДК 633.31/.37:632.954

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДА КОРУМ, ВРК НА ПОСЕВАХ КОРМОВЫХ БОБОВ

Евсеев М.В., Шор В.Ч., Крицкий М.Н. кандидаты с.-х. наук,

Козловский А.А. научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 23.02.2021)

Рецензент: Булавин Л.А., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния гербицида Корум, ВРК (1,0-1,5 л/га) + ПАВ ДАШ (1,0 л/га) на засоренность посевов и урожайность семян кормовых бобов. Установлено, что биологическая эффективность этого препарата составила 78,5-85,5 % по численности и 82,0-87,4 % по массе сорняков. При использовании эталонного гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) эти показатели были равны 87,3 и 86,6 %, соответственно. Применение гербицида Корум, ВРК (1,0-1,5 л/га) + ПАВ ДАШ (1,0 л/га) обеспечило прибавку урожайности семян кормовых бобов по сравнению с контролем в среднем за период исследований 29,5 и 33,9 %.

Среди зернобобовых культур, возделываемых в Беларуси, в последние годы значительный интерес представляют кормовые бобы, которые являются перспективной кормовой культурой, используемой на зернофураж, силос и в качестве сидерата. Кормовые бобы характеризуются высокой кормовой ценностью и содержат в семенах 28-35, в зеленой массе 18-21 % протеина. Переваримость их семян составляет 86 %, зеленой массы 72 %. Содержание переваримого протеина в 1 к.ед. силоса превышает 120 г. В 1 кг семян содержится 1,16-1,29 кормовой единицы, в 1 кг соломы 0,35 к.ед. [4].

Установлено, что потенциальная урожайность семян данной культуры составляет 35-60 ц/га, а зеленой массы 400 ц/га, в отдельные годы 600 ц/га. В зеленой массе и недозрелых семенах кормовых бобов содержится много различных витаминов (А, В и особенно С), что делает их незаменимыми в рационах питания животных. При этом наибольшее применение получил силос, приготовленный из смеси кормовых бобов со злаковыми компонентами [3, 4].

В Беларуси в 2019-2020 гг. посевная площадь кормовых бобов была незначительной и составляла 2,6-5,2 тыс. га. Одной из причин этого является повышенная засоренность посевов культуры в большинстве сельскохозяйственных предприятий республики и невысокая урожайность по этой причине.

Исходя из биологических особенностей кормовых бобов, применение гербицидов имеет наибольшее значение на начальных этапах роста и развития растений, так как в середине вегетации кормовые бобы благодаря формированию значительной листовой поверхности затеняют почву и сорные растения, оказывая на них угнетающее действие. На пахотных землях Беларуси, большинство из которых характеризуются повышенной потенциальной засоренностью, обязательным элементом технологии возделывания кормовых бобов, обеспечивающим высокую урожайность этой культуры, является применение гербицидов. До недавнего времени для защиты посевов кормовых бобов от сорняков применяли ряд гербицидов почвенного действия, эффективность которых существенно снижается при недостатке влаги в почве во время их внесения. [2].

В этой связи актуальным вопросом является поиск высокоэффективных послевсходовых гербицидов для применения при возделывании кормовых бобов, что послужило основанием для проведения исследований с целью изучения возможности использования для этого гербицида Корум, ВРК (имазамокс, 22,4 г/л.+ бентазон, 480 г/л).

Условия и методика исследований. В 2017-2018 гг. изучали эффективность применения гербицида Корум, ВРК при возделывании кормовых бобов. Исследования проводили на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком, со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,33-3,10 %, P_2O_5 – 181-288 мг/кг, K_2O – 286-450 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 6,45-6,53. Предшественник кормовых бобов – озимые зерновые. Агротехника возделывания этой культуры была общепринятой для условий республики. Площадь делянки 50 м². Повторность четырехкратная. Размещение делянок рендомизированное.

Схема опыта включала 4 варианта: Контроль (без применения гербицидов); Пульсар, ВР (1,0 л/га) – эталон; Корум, ВРК (1,0 л/га) + ПАВ ДАШ (1,0 л/га); Корум, ВРК (1,5 л/га) + ПАВ ДАШ (1,0 л/га)

Исследуемые гербициды вносили в фазу 1-3 пар настоящих листьев кормовых бобов с помощью ранцевого опрыскивателя Osatu. Норма расхода рабочего раствора – 200 л/га. Объектом исследования являлся сорт кормовых бобов *Стрелецкие*. Учет засоренности посевов кормовых бобов проводили: количественный перед внесением гербицидов, через 60 дней после химической про-

полки и перед уборкой культуры; количественно-весовой – через 30 дней после применения гербицидов на закрепленных площадках площадью 0,25 м², где определяли численность сорных растений по видам, их сырую вегетативную массу. Уборку кормовых бобов проводили в фазу полной спелости с помощью комбайна Wintersteiger Delta путем обмолота семян с учетной площади делянки с последующим пересчетом урожайности на стандартную влажность семян (14 %) Статистическая обработка полученных данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [1].

Метеорологические условия в годы исследований отличались от средне-многолетних значений как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. За основную часть вегетационного периода кормовых бобов (вторая декада мая – первая декада сентября) сумма активных температур в 2017 г. была ниже нормы на 0,4 %, а в 2018 г. выше на 11,2 % при выпадении атмосферных осадков ниже нормы соответственно на 5,2 и 22,4 %. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2017 г. составил 1,55, а в 2018 г. – 1,14 при среднемноголетнем значении этого показателя для региона, где проводили исследования, за указанный выше период 1,63. Это оказало определенное влияние на развитие сорного ценоза в посевах кормовых бобов, а также на уровень его урожайности.

Результаты исследований и обсуждение. Учет засоренности посевов кормовых бобов перед применением гербицидов показал, что в годы исследований имели место некоторые различия по видовому составу и численности сорняков. Так, в 2017 г. в посевах кормовых бобов перед внесением гербицидов произрастали просо куриное (138-172 шт./м²), марь белая (56-72 шт./м²), ярутка полевая (7-12 шт./м²), горцы, виды (6-12 шт./м²), пикульник обыкновенный (3-7 шт./м²), подмаренник цепкий (3-7 шт./м²), щирица запрокинутая (1-6 шт./м²). Общая засоренность посевов составила 231-269 шт./м².

В 2018 г. основу сорного ценоза посевов кормовых бобов перед проведением химической прополки составляли пастушья сумка (89-127 шт./м²), марь белая (18-27 шт./м²), виды горцев (7-18 шт./м²), ярутка полевая (7-15 шт./м²), просо куриное (8-16 шт./м²), щирица запрокинутая (3-6 шт./м²), пикульник обыкновенный (2-6 шт./м²). Общая численность сорняков составила 134-215 шт./м².

Установлено, что в среднем за 2017-2018 гг. численность сорняков через 30 дней после химической прополки составила в контрольном варианте 221 шт./м², а их масса – 276,0 г/м² (таблица 1). При внесении гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га) совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) в фазу 1-3 пар настоящих листьев кормовых бобов биологическая эффективность составила 78,5 и 85,5 % соответственно. В варианте, где применяли эталонный гербицид Пульсар, ВР (1,0 л/га), этот показатель был равен 87,3 % и превысил вариант с использованием гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га) на 8,8 %, а Корум, ВРК (1,5 л/га) на 1,8 %. Под влиянием гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га) масса сорняков уменьшилась по сравнению с контролем в среднем за два года на 82,0 и 87,4 % соответственно. При внесении гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) этот показатель снижался в среднем на 86,6 %. Следовательно, Пульсар, ВР (1,0 л/га)

Таблица 1 – Биологическая эффективность гербицидов, через 30 дней после внесения, %

Вариант	Виды сорняков										Всего
	Марь белая	Просо куриное	Виды горцев	Ярутка полевая	Пикильник обыкновенный	Щирца прокинутая	Подмаренник цепкий	Пастушья сумка			
2017 г.											
Контроль (без обработки)*	$\frac{62}{148}$	$\frac{184}{212}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{7}{3}$	-	$\frac{283}{389,0}$	-	
Пульсар (1,0 л/га) эталон	79,0	95,1	41,7	100,0	100,0	100,0	100,0	-	89,8	-	
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	87,1	65,8	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-	88,8	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	88,6	72,6	52,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-	72,8	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	98,4	77,2	41,7	100,0	100,0	100,0	100,0	-	79,5	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	98,4	78,3	56,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-	82,3	-	
2018 г.											
Контроль (без обработки)*	$\frac{23}{32}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{13}{13}$	$\frac{10}{12}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{5}$	-	$\frac{98}{90}$	$\frac{158}{163,0}$	-	
Пульсар (1,0 л/га) эталон	95,7	88,9	84,6	100,0	100,0	100,0	-	79,6	84,8	-	
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	91,3	88,6	83,8	90,0	100,0	100,0	-	76,7	84,4	-	
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	91,3	77,8	84,6	90,0	100,0	100,0	-	81,6	84,2	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	93,4	75,7	83,1	89,2	100,0	100,0	-	80,0	84,5	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	95,7	88,9	92,3	100,0	100,0	100,0	-	84,7	88,6	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	95,6	90,0	84,6	100,0	100,0	100,0	-	83,3	88,3	-	
Среднее 2017-2018 гг.											
Контроль (без обработки)*	$\frac{42}{90}$	$\frac{97}{110}$	$\frac{13}{12}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{1,5}$	$\frac{49}{45}$	$\frac{221}{276,0}$	-	
Пульсар (1,0 л/га) эталон	87,4	92,0	63,2	100,0	100,0	100,0	100	79,6	87,3	-	
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	90,4	90,1	68,9	100,0	100,0	100,0	100	76,7	86,6	-	
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	89,2	71,8	67,3	95,0	100,0	100,0	100	81,6	78,5	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	91,0	74,2	67,6	94,6	100,0	100,0	100	80,0	80,0	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	97,1	83,1	67,0	100,0	100,0	100,0	100	84,7	85,5	-	
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	97,0	84,2	70,3	100,0	100,0	100,0	100	83,3	87,4	-	

*. Примечание. На контроле в числителе – количество сорняков (шт./м²), в знаменателе – сырая масса (г/м²). В остальных вариантах в числителе – снижение количества сорняков,%, в знаменателе – сырой массы, %

превышал по снижению массы сорняков минимальную норму расхода гербицида Корум ВРК (1,0 л/га) на 4,6 %, но уступал максимальной норме расхода этого препарата (1,5 л/га) лишь 0,8 %.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что через 30 дней после внесения гербицидов гибель пикульника обыкновенного, ширицы запрокинутой, подмаренника цепкого под влиянием препарата Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га) в среднем за 2017-2018 гг. составила 100,0 %, ярутки полевой – 95,0 и 100,0 %, мари белой – 89,2 и 97,1 %, пастушьей сумки – 81,6 и 84,7 %, проса куриного – 71,8 и 83,1 %, видов горцев – 67,3 и 67,0 % при снижении их массы соответственно на 100 %; 94,6 и 100,0 %; 91,0 и 97,0 %; 80,0 и 83,3 %; 74,2 и 84,2 %; 67,6 и 70,3 % в зависимости от нормы расхода препарата. Гербицид Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га) уступал по вышеуказанным показателям гербициду Пульсар, ВР (1,0 л/га) в уничтожении проса куриного, а также ярутки полевой при минимальной норме расхода (1,0 л/га).

Анализ засоренности посевов кормовых бобов через 60 дней после химической прополки показал, что в среднем за годы исследований при внесении гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га) совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) биологическая эффективность составила 84,7 и 87,8 % соответственно (таблица 2).

При использовании гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) этот показатель был равен 87,1 %, что превысило аналогичный показатель в варианте с внесением гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га) на 2,4 %, но было ниже по сравнению с применением этого препарата с нормой расхода 1,5 л/га на 0,7 %.

Определение численности сорных растений перед уборкой кормовых бобов показало, что в среднем за 2017-2018 гг. при внесении гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га) совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) биологическая эффективность составила 83,7 и 88,2 % соответственно, а гербицида Пульсар ВР (1,0 л/га) – 88,2 %, т.е. находилась на уровне максимальной нормы расхода Корум ВРК (1,5 л/га) (таблица 3).

Анализ урожайности семян кормовых бобов показал, что при возделывании этой культуры без применения гербицидов указанный выше показатель составил в среднем за период исследований 29,8 ц/га (таблица 4).

При внесении гербицида Корум ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га) в фазу 1,3 пар настоящих листьев культуры урожайность семян была равна соответственно 39,3 и 39,9 ц/га, что выше по сравнению с контролем на 8,8 и 10,1 ц/га или 29,5 и 33,9 %. В варианте с применением эталонного гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) прибавка урожайности семян кормовых бобов составила в среднем 9,5 ц/га или 31,9 %.

Применение гербицидов на посевах кормовых бобов оказало влияние на элементы структуры урожайности этой культуры (таблица 5).

Установлено, что при использовании гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га) совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) в среднем за годы исследований отмечалось увеличение по сравнению с контролем числа растений перед уборкой с 34 до 37-38 шт./м², количества бобов на одном растении с 7,6 до 7,9-8,1 шт.,

Таблица 2 – Биологическая эффективность гербицидов, через 60 дней после внесения, %

Вариант	Виды сорняков								
	Марь белая	Просо куриное	Виды горцев	Ярутка полевая	Пикунник обыкновенный	Щирца, запорки-нутая	Подмаренник цепкий	Пас-тушья сумка	Всего
2017 г.									
Контроль (без обработки)*	40	184	12	12	8	5	10	-	271
Пульсар (1,0 л/га) эталон	70,0	89,1	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-	86,0
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	85,0	79,3	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-	83,0
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	95,0	82,1	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-	84,9
2018 г.									
Контроль (без обработки)*	21	12	12	8	2	3	-	60	118
Пульсар (1,0 л/га) эталон	95,2	91,7	83,3	100,0	100,0	100,0	-	83,3	88,1
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	90,5	83,3	83,3	87,5	100,0	100,0	-	85,0	86,4
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	95,2	91,7	91,7	100,0	100,0	100,0	-	86,7	90,7
Среднее 2017-2018 гг.									
Контроль (без обработки)*	31	98	12	10	5	4	5	30	195
Пульсар (1,0 л/га) эталон	82,6	90,4	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	83,3	87,1
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	87,8	81,3	66,7	93,8	100,0	100,0	100,0	85,0	84,7
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	95,1	86,9	70,9	100,0	100,0	100,0	100,0	86,7	87,8

* - Примечание. В контроле (без обработки) указана численность (шт./м²)

Таблица 3 – Биологическая эффективность гербицидов, перед уборкой, %

Вариант опыта	Виды сорняков							Всего
	Марь белая	Просо куриное	Виды горцев	Ярутка полевая	Пыкульник обыкновенный	Ширица запрокинутая	Пастушья сумка	
2017 г.								
Контроль (без обработки)*	56	204	12	7	8	5	10	302
Пульсар (1,0 л/га) эталон	78,6	90,2	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	87,4
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	85,7	77,5	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	79,5
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	96,4	80,4	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	84,1
2018 г.								
Контроль (без обработки)*	18	10	11	6	2	3	-	90
Пульсар (1,0 л/га) эталон	94,4	90,0	81,8	100,0	100,0	100,0	-	88,9
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	88,9	90,0	81,8	83,3	100,0	100,0	-	87,8
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	94,4	90,0	90,9	100,0	100,0	100,0	-	92,2
Среднее 2017-2018 гг.								
Контроль (без обработки)*	37	107	11	7	5	4	5	196
Пульсар (1,0 л/га) эталон	86,5	90,1	65,9	100,0	100,0	100,0	100,0	88,2
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	87,3	83,8	65,9	91,7	100,0	100,0	100,0	83,7
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	95,4	85,2	70,5	100,0	100,0	100,0	100,0	88,2

* - Примечание. В контроле (без обработки) указана численность (шт./м²)

Таблица 4 – Влияние гербицидов на урожайность семян кормовых бобов

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к контролю	
	2017 г.	2018 г.	среднее	ц/га	%
Контроль (без обработки)	34,8	24,8	29,8	-	-
Пульсар (1,0 л/га) эталон	52,1	26,4	39,3	9,5	31,9
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	50,0	27,2	38,6	8,8	29,5
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	51,5	28,3	39,9	10,1	33,9
НСР ₀₅	8,1	2,4			

Таблица 5 – Влияние гербицидов на элементы структуры урожайности кормовых бобов, среднее за 2017-2018 гг.

Вариант	Элементы структуры урожайности						
	Число растений перед уборкой, шт/м ²	Высота растений, см	Количество бобов на 1 раст., шт.	Количество семян в бобе, шт.	Количество семян с 1 раст., шт.	Масса семян с 1 раст., г	Масса 1000 семян, г
Контроль (без обработки)	34	86,1	7,6	2,7	20,4	10,9	541,2
Пульсар (1,0 л/га) эталон	40	98,5	7,8	2,8	22,0	11,8	535,8
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	38	99,2	8,1	2,8	22,9	12,3	537,0
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	37	99,9	7,9	3,0	23,7	13,0	548,8

количество семян в бобе с 2,7 до 2,8-3,0 шт., количества семян с растения с 20,4 до 22,9-23,7 шт., массы семян с растения с 10,9 до 12,3-13,0 г, т.е. соответственно на 8,8-11,8 %; 3,9-6,6 %; 3,7-11,1 %; 12,3-16,2 %; 12,8-19,3 % (таблица 5). При использовании гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) улучшение указанных выше элементов структуры урожайности по сравнению с контролем составило соответственно 17,6 %; 2,6 %; 3,7 %; 7,8 %; 8,3 %, т.е. являлось, как правило, менее значительным, чем при использовании гербицида Корум, ВРК. Исключением является лишь число растений перед уборкой. По этому показателю гербицид Пульсар ВР (1,0 л/га) незначительно превосходил Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га).

Заключение

Результаты исследований свидетельствуют о том, что гербицид Корум, ВРК (1,0 л/га) и (1,5 л/га), применяемый совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га), при смешанном типе засоренности посевов обеспечил высокую биологическую эффективность против однолетних двудольных и злаковых сорняков, которая со-

ставила в среднем 78,5 и 85,5 % при снижении их массы на 82,0 и 87,4 %, что способствовало повышению урожайности семян кормовых бобов по сравнению с контролем на 8,8 и 10,1 ц/га (29,5 и 33,9 %) соответственно.

Литература

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Запрудский, А.А. Защитные мероприятия в посевах кормовых бобов / А.А. Запрудский [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2020. – Приложение к № 1. – С. 35-37.
3. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Минск: «ФУАинформ», 2000. – 264 с.
4. Шор, В.Ч., Кормовые бобы: особенности биологии и технологии их возделывания / В.Ч. Шор, А.Ч. Скируха, М.Н. Крицкий, М.В. Евсеенко // Земледелие и защита растений. – 2020. – Приложение к № 1. – С. 30-34.

EFFICIENCY OF THE CORUM HERBICIDE APPLICATION TO FIELD BEANS PLANTINGS

M.V. Evseenko, V.Ch. Shor, M.N. Kritsky, A.A. Kozlovsky

The article presents the results of the research on the effect of the Corum herbicide, WSC (1.0-1.5 l/ha) + SAS Dash (1.0 l/ha) on weed infestation of plantings and seed yield of field beans. It's established that biological efficiency of the preparation is 78.5 – 85.5% with respect to the number of weeds and 82.0 – 87.4% with respect to their weight. With the use of the standard herbicide Pulsar, WS (1.0 l/ha) the indicators are 87.3 and 86.6% respectively. The application of the Corum herbicide, WSC (1.0-1.5 l/ha) + SAS Dash (1.0 l/ha) provides, on average, 29.5 and 33.9 % of the seed yield increase of field beans in comparison with the control during the research period.

УДК 631.811.3:633.521:631.442.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛИЙНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.А. Прудников, доктор с.-х. наук, **Н.В. Степанова**, **Д.П. Чирик**, кандидаты с.-х. наук, **С.Р. Чуйко**, **С.В. Любимов**, научные сотрудники
РУП «Институт льна», аг. Устье, Витебская область
(Поступила 02.02.2021)

Рецензент: Берестов И.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. В работе изложены результаты исследования по влиянию калийного удобрения на продуктивность и качество льна-долгунца при возделывании его на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, содержащей в пахотном слое 145-180 мг/кг почвы подвижного калия. Оптимальной дозой калийного удобрения установлена 120 кг/га д.в., что обеспечило урожайность семян 7,2, тресты 46,6, волокна 14,4 ц/га, в том числе длинного 8,6 ц/га, рентабельность выращивания льна 43 %. В общем выносе калия урожаем льна доля калийного удобрения составляла 8-11 %, потребление калия из почвы 89-92 %. Применение калийного удобрения практически не влияло на

затраты калия на формирование одной тонны волокна, которые составили 44,2-45,8 кг K_2O .

Супесчаные почвы в общей площади пашни республики занимают 48,4 % [1]. Согласно отраслевому регламенту возделывания льна-долгунца среди супесчаных почв пригодными для посева этой культуры являются дерново-подзолистые связносупесчаные, подстилаемые суглинком и песком, а также рыхлосупесчаные, подстилаемые суглинком [2]. В сравнении с суглинистыми почвами супесчаные характеризуются меньшим содержанием физической глины, минеральных и органических коллоидов, гумуса, элементов питания и менее устойчивым водным режимом.

Определяющим фактором эффективности минеральных удобрений в формировании урожайности культуры является азотное удобрение, однако роль других элементов питания, в том числе калия, не менее значительна. При возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве установлено, что эффективность калийного удобрения в формировании урожая льна зависит от содержания подвижного калия в почве [3]. Применение калийных удобрений под лен способствует увеличению количества аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, которые улучшают азотное питание растений, увеличивая объем корней, оводненность и водоудерживающую способность надземной массы, благодаря чему растения лучше переносят засуху, полегание и болезни, а также ослабляет отрицательное действие на лен высоких доз азота [4, 5, 6]. В больших концентрациях калий проявляет антагонистическое действие на поступление в растения кальция, магния, натрия, уменьшает поступление в них бора, что вредно для льна [6].

Оптимизация калийного питания льна-долгунца, направленная на повышение урожайности и качества льносырья, применение экономически оправданных доз удобрений, является одним из элементов технологии возделывания данной культуры.

Цель исследований заключалась в установлении влияния доз калийного удобрения на урожайность и качество льнопродукции, экономическую эффективность их применения при возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой связносупесчаной почве.

Материалы и методы исследований. Полевые опыты закладывали на опытном поле ОАО «Хотимский льнозавод» Хотимского района Могилевской области с использованием сорта льна-долгунца *Грант*. Исследования осуществляли в слабо засушливых погодных условиях периода вегетации 2019 г. (ГТК 1,3) и переувлажненных 2020 г. (ГТК 1,9). Почва опытного участка дерново-подзолистая связносупесчаная, развивающаяся на водно-ледниковых пылеватом-песчаных супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,7-0,8 метра. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы следующие: рН_{ксл} 5,2-5,3, содержание органического вещества 1,6-1,8 %, подвижных фосфатов 160-165, калия 145-180, цинка 3,6-4,6, бора 0,47-0,52, меди 1,2-2,4 мг/кг почвы. Почва характеризовалась средним содержанием фосфора, калия, бора,

цинка, низким и средним содержанием меди. Повторность полевого опыта четырехкратная, площадь общей делянки – 28, учетной 15 м² [7].

Семена льна обрабатывали защитно-стимулирующим составом, включающим протравитель Витавакс 200ФФ, ВСК (2,0 л/т), инсектицид Табу, ВСК (1,0 л/т), микроэлементы цинк 120, бор 100 г/т д.в. Минеральные удобрения вносили весной в виде двойного суперфосфата, хлористого калия и КАС согласно схеме опыта. Обработка почвы включала осеннюю вспашку на глубину пахотного слоя (20 см), весеннюю культивацию для «закрытия влаги» на глубину 5-7 см, вторую культивацию для заделки минеральных удобрений на глубину 8-10 см, предпосевную обработку почвы агрегатом АКШ-6. Посев льна-долгунца осуществлялся сеялкой СПУ-6Л с шириной междурядий 6,25 см, нормой высева 20 млн всхожих семян на гектар. Против сорной растительности посевы обрабатывали смесью гербицидов Агритокс, ВК (0,7 л/га) + Секатор турбо, МД (0,05 л/га) в фазу «ёлочка» и Миура, КЭ (1,0 л/га) через 7 дней; против болезней льна применяли Феразим, КС (1,0 л/га). Уборка осуществлялась тереблением (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты. Качество льнотресты определяли согласно действующему стандарту [8], химический состав растений льна – методом мокрого озоления с последующим определением макроэлементов [9].

Результаты исследований и их обсуждение. На связносупесчаной почве, содержащей в пахотном слое 145-180 мг/кг подвижного калия, изучали дозы калийного удобрения от 60 до 240 кг/га д.в. на фоне азотно-фосфорного удобрения N₂₅P₆₀. Запас подвижного калия в пахотном слое составлял 435-540 кг/га.

В среднем за 2019-2020 гг. анализ структуры урожая льна-долгунца установил, что калийное удобрение в дозах 90-120 кг/га д.в. достоверно повышало длину стебля льна общую на 3 % и техническую на 4 % и обеспечивало положительную тенденцию к увеличению количества семян в коробочке и семян на растении на 3 % (таблица 1). Высокая доза калия 240 кг/га д.в. не влияла на техническую длину стебля, но обеспечила тенденцию к снижению количества семян на растении на 2 %.

Таблица 1 – Влияние калийного удобрения на структуру урожая льна-долгунца (среднее за 2019-2020 гг.)

Доза калия на фоне N ₂₅ P ₆₀ , кг/га	Длина стебля, см		Количество коробочек на растении, шт.	Количество семян в коробочке, шт.	Количество семян на растении, шт.	Масса 1000 семян, г
	общая	техническая				
0 (контроль)	80,0	66,5	4,4	7,3	32,1	5,0
60	80,5	67,0	4,4	7,4	32,6	5,0
90	82,5	69,0	4,4	7,5	33,0	5,0
120	82,5	69,0	4,4	7,5	33,0	5,1
150	82,0	67,0	4,4	7,5	33,0	5,1
210	81,5	66,5	4,4	7,4	32,6	5,1
240	81,0	66,5	4,3	7,3	31,4	5,1
<i>НСР₀₅</i>	1,6	0,51	-	0,31	1,1	-

При возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в варианте без внесения калийного удобрения урожайность семян составила 6,2 ц/га, тресты 41,8 ц/га номером 1,38, волокна 12,4 ц/га, в т.ч. длинного 6,9 ц/га (таблица 2). Внесение в почву 60-90 кг/га д.в. калийного удобрения повышало урожайность семян на 0,8 ц/га (на 13 %), тресты на 2,6-3,2 ц/га (на 6-8 %), волокна на 1,2-1,5 ц/га (на 10-12 %), в т.ч. длинного на 1,2-1,4 ц/га (на 17-20 %).

Таблица 2 – Влияние калийного удобрения на урожайность и качество льнопродукции (среднее за 2019-2020 гг.)

Доза калия на фоне N ₂₅ P ₆₀ , кг/га	Урожайность, ц/га				Номер тресты	Содержание волокна в тресте, %	
	семена	треста	волокно			общее	длинное
			общее	длинное			
0 (контроль)	6,2	41,8	12,4	6,9	1,38	29,6	16,5
60	7,0	44,4	13,6	8,1	1,50	30,6	18,2
90	7,0	45,0	13,9	8,3	1,50	30,8	18,4
120	7,2	46,6	14,4	8,6	1,50	30,8	18,4
150	7,2	46,1	14,2	8,5	1,50	30,8	18,4
210	7,3	45,2	13,9	8,2	1,50	30,7	18,2
240	7,0	44,4	13,5	7,9	1,50	30,4	17,8
НСР ₀₅	0.62-0.44	2.9-1.9	0.35-0.63	0.21-0.36			

Максимальная прибавка урожайности семян 1,0 ц/га (16 %), тресты 4,8 ц/га (11 %) номером 1,50, волокна 2,0 ц/га (16 %), в т.ч. длинного 1,7 ц/га (25 %) получена при дозе минерального калия 120 кг/га д.в. Увеличение калия до 210-240 кг/га д.в. вызывало тенденцию к снижению урожайности тресты по отношению к дозе 120 кг/га д.в. на 3-5 % без снижения ее качества. Однако доза калийного удобрения 240 кг/га д.в. достоверно снижала урожайность волокна на 0,9 ц/га (на 6 %), в т.ч. длинного на 0,7 ц/га (на 8 %).

По результатам некоторых исследований [3, 6] на формирование тонны волокна культура льна потребляет 55-60 кг К₂О. При урожайности тресты 4,5 т/га урожайность волокна составит около 1,4 т/га, на формирование которого потребуется примерно 77-84 кг К₂О. В данном случае это примерно 15-17 % от запаса подвижного калия *пахотного* слоя почвы. Поэтому в условиях вегетационных периодов 2019-2020 гг. для формирования урожайности 7 ц/га семян и 47 ц/га тресты не требовалось внесение в почву калийного удобрения свыше 120 кг/га д.в.

Калийное удобрение в дозах 60-150 кг/га д.в. повышало в тресте содержание волокна общего на 1,0-1,2 и длинного на 1,7-1,9 %.

В контрольном варианте без внесения калийного удобрения при средней урожайности семян 6,2 и тресты 41,8 ц/га расчетная прибыль составила 422,4 руб./га, рентабельность выращивания 29 % (таблица 3). Максимальная прибыль 646,0 руб./га и рентабельность 43 % получены при внесении в почву 120 кг/га калийного удобрения. При высоких дозах минерального калия 210-240 кг/га по

сравнению с дозой 120 кг/га расчетная прибыль снижалась на 42,3-70,5 руб./га (на 7-11 %), рентабельность выращивания льна на 3-4 %.

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения доз калийного удобрения при возделывании льна-долгунца на связносупесчаной почве (среднее за 2019-2020 гг.)

Доза калия, на фоне N ₂₅ P ₆₀ , кг/га	Урожайность, ц/га		Качество тресты, номер	Затраты на продукцию, руб./га	Стоимость продукции, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
	семена	треста					
0 (контроль)	6,2	41,8	1,38	1446,6	1869,0	422,4	29,2
60	7,0	44,4	1,50	1499,8	2074,8	575,0	38,3
90	7,0	45,0	1,50	1502,7	2103,2	600,5	40,0
120	7,2	46,6	1,50	1514,7	2160,7	646,0	42,6
150	7,2	46,1	1,50	1520,6	2155,4	634,8	41,7
210	7,3	45,2	1,50	1518,2	2121,9	603,7	39,8
240	7,0	44,4	1,50	1500,1	2075,6	575,5	38,4

Вынос элементов питания льном не является постоянной величиной и зависит от почвенно-климатических условий, агротехники возделывания, урожайности семян и соломы льна [3, 6]. В среднем за два года в общей массе урожая льна-долгунца (солома + мякина + семена) в варианте без внесения калийного удобрения хозяйственный вынос калия составил 56,8 кг/га (таблица 4). При внесении калийного удобрения 60 кг/га д.в. вынос калия урожаем повышался до 60,1 кг/га, при дозе 120 кг/га д.в. – до 63,8 кг/га. Увеличение дозы минерального калия до 210-240 кг/га д.в. по сравнению с дозой 120 кг/га д.в. снижало хозяйственный вынос калия на 1,0-2,2 кг/га, или на 2-3 %.

Таблица 4 – Влияние доз калийного удобрения на потребление калия урожаем льна-долгунца из почвы и удобрения при возделывании на супесчаной почве (среднее за 2019-2020 гг.)

Доза калия, на фоне N ₂₅ P ₆₀ , кг/га	Урожайность волокна, ц/га	Вынос калия урожаем, кг/га	Затраты калия на тонну волокна, кг	Коэффициент потребления калия, %	
				из почвы	из удобрения
0 (контроль)	12,4	56,8	45,8	11,6	-
60	13,6	60,1	44,2	11,6	5,5
90	13,9	61,6	44,3	11,6	5,3
120	14,4	63,8	44,3	11,6	5,8
150	14,2	63,0	44,4	11,6	4,1
210	13,9	62,8	45,2	11,6	2,9
240	13,5	61,6	45,6	11,6	2,0

Примечание: Среднее содержание подвижного K₂O перед закладкой опыта 163 мг/кг почвы, запасы калия в почве 488 кг/га

Расчет затрат калия на единицу продукции выполнен на основе полученной за два года исследований урожайности волокна. Затраты калийного удобрения на формирование тонны волокна в вариантах опыта были практически одинаковыми – 44,2-45,8 кг K_2O .

Из общего запаса подвижного калия в почве 488 кг/га K_2O потребление его урожаем льна-долгунца из почвы составляло 11,6 %. При дозе внесения калийного удобрения 60-120 кг/га д.в. коэффициент использования калия льном из внесенного удобрения составлял 5,3-5,8 %. При увеличении дозы калийного удобрения до 210-240 кг/га д.в. коэффициент использования калия по сравнению с дозой 120 кг/га д.в. снижался на 2,9-3,8 %.

В общем выносе калия урожаем льна-долгунца доля калийного удобрения составляет в среднем 8-11 %, потребление калия из почвы 89-92 %.

Заключение

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием подвижного калия 145-180 мг/кг внесение калийного удобрения в дозах 60-120 кг/га обеспечило прибавку урожайности семян 0,8-1,0, тресты 2,6-4,8 ц/га номером 1,50 единиц, волокна 1,2-2,0, в т.ч. длинного 1,2-1,7 ц/га, прибыли 152,6-223,6 руб./га. Максимальные прибыль 646,0 руб./га и рентабельность выращивания 43 % получены при внесении калия 120 кг/га, обеспечившего урожайность семян 7,2, тресты 46,6 ц/га номером 1,50. Повышение дозы калия до 210-240 кг/га снижало прибыль на 42,3-70,5 руб./га, рентабельность на 3-4 %.

Из общего запаса подвижного калия в почве 488 кг/га использование его урожаем льна-долгунца из почвы составляло в среднем 11,6 %. При дозах внесения калия 60-120 кг/га коэффициент использования его льном из удобрения достигал 5,3-5,8 %. При увеличении дозы до 210-240 кг/га коэффициент использования калия по сравнению с дозой 120 кг/га снижался на 2,9-3,8 %. Применение калийного удобрения практически не влияло на затраты калия на формирование одной тонны волокна, которые составили 44,2-45,8 кг K_2O .

Литература

1. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.
2. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В.Г. Гусаков, [и др.] // утвержден Минсельхозпрод РБ. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.
3. Прудников, В.А. Исследования по агротехнике льна / В.А. Прудников. – Минск: Поліграфт, 2016. – 174 с.
4. Удобрения, их свойства и способы использования / под ред. Д.А. Коренькова. – М.: Колос, 1982. – 415 с.
5. Эффективность применения удобрений на посевах льна масличного в условиях Северного Кавказа / Н. М. Тишков [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2005. – №2 (133). – С. 63-68.
6. Усовершенствованная система применения удобрений в льняном севообороте / В.Я. Тихомирова [и др.]; под общ. ред. В.Я. Тихомировой. – Торжок. 2005. – 81 с.

7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

8. Треста льняная. Требования при заготовках. СТБ 1194-2007. – Введ. 01.07.2011. – Минск: Госстандарт РБ, 2009. – 12 с.

9. Агрохимия. Практикум: учебное пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И.Р. Вильдфлуша, С.П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.

EFFICIENCY OF POTASSIUM FERTILIZER APPLICATION IN CULTIVATING FIBRE FLAX ON SANDY LOAM SOIL

V.A. Prudnikov, N.V. Stepanova, D.P. Chirik, S.R. Chuiko, S.V. Lyubimov

The paper states the research results on the effect of potassium fertilizer on the productivity and quality of fibre flax cultivated on sod-podzolic fixed sandy loam soil, containing 145-180 mg/kg of mobile potassium in the arable layer. The optimal dose of potassium fertilizer was 120 kg/ha of active ingredient, which provided 7.2. dt/ha of seed yield, 46.6 dt/ha of flax retted stalks, 14.4 dt/ha of fiber, including 8.6 dt/ha of long one and 43% of flax cultivation profitability. In the total flax yield removal the share of potassium fertilizer was 8-11%, potassium consumption from soil was 89-92%. The application of potassium fertilizer did not practically affect potassium consumption for the formation of one ton of fiber, which amounted to 44.2-45.8 kg of K₂O.

УДК 633.111«321»:631[816,12+811.1]:577.112

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВОЙ АЗОТНОЙ ПОДКОРМКИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА НАТУРУ И БЕЛКОВОСТЬ ЗЕРНА

В.Н. Бушневич, кандидат с.-х. наук, **И.Е. Дробудько**, кандидат с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 30.03.2021)

Рецензент: Булавина Т.М., доктор с.-х. наук

Аннотация. *Натура зерна является одним из главных показателей технологических мукомольных достоинств зерна – его выполненности. Зерно яровой пшеницы сорта Любава с высокой натурной массой получено в варианте при внесении N₁₅ и N₂₀ в фазу ДК 71, соответственно 807 и 802 г/л или на 8,6 и 7,9 % выше контроля. Наибольшее содержание белка в зерне отмечено при внесении N₁₅ и N₂₀ в фазу начала формирования зерна (ДК 71) – 14,4 и 14,9 % соответственно, что на 3,6 и 7,9 % больше, чем в контрольном варианте (фон P₆₀K₉₀ (осенью), N₉₀ (предпосевная культивация) + N₃₀ (фаза кущения).*

Озимая и яровая пшеница в Республике Беларусь возделывалась в 2020 г. на площади 699 тыс. га, в структуре посевных площадей сельскохозяйственных культур этот показатель равен 11,8 %, средняя урожайность зерна составила 33,3 ц/га, однако потенциальные возможности данной культуры значительно выше. Так, новые сорта яровой пшеницы по данным Государственного сортоиспытания, внесенные в Госреестр РБ, имеют максимальную урожайность 91,7-104 ц/га. Это подтверждает необходимость более углубленного изучения от-

дельных агротехнических приемов ее возделывания, что будет способствовать расширению посевных площадей и в конечном итоге росту урожайности зерна яровой пшеницы [1].

Самообеспечение потребности населения высококачественным пшеничным зерном в Республике Беларусь осуществляется, в том числе, за счет выведения и внедрения в производство ряда новых высокопродуктивных сортов яровой пшеницы. Так, за период 2009-2019 гг. селекционерами РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» выведены и переданы производству шесть сортов (*Ладея, Эврика, Мадонна, Награда, Монета, Славянка*) и совместно с ГНУ «Владимирский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии» РФ четыре (*Сударыня, Любава, Сабина, Тома*) [2].

Над улучшением качества зерна ведется работа в двух основных направлениях: во-первых, используя селекционный потенциал внедренных в производство новых, более урожайных и ценных по качеству сортов пшеницы; во-вторых, путем совершенствования технологических процессов, влияющих на выход и качество продукции.

Как известно, качество урожая определяется сортовыми особенностями растений и комплексом внешних условий в период роста, развития и созревания зерна, затем в период уборки и хранения и, наконец, в процессе технологической переработки его на муку и хлеб.

Одним из главных показателей технологических мукомольных достоинств зерна является его натура – выполненность. В связи с этим актуальным является изучение влияния отдельных агроприемов на элементы продуктивности пшеницы, урожайность и качество. Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур при условии улучшения качества растениеводческой продукции предусматривает повышение эффективности использования минеральных удобрений путем их более рационального применения. Известно, что общий химический состав зерна пшеницы и, в частности, содержание в нем белка зависит в большей степени от условий произрастания пшеницы, а именно, применяемых агроприемов [3-7]. По мнению технологов, натурный вес имеет прямое отношение к выходу муки. Пшеница с низкой натурой щуплая и, следовательно, имеет пониженный выход ценной продукции.

Оценка качественных показателей зерна имеет прямые и косвенные показатели. К прямым относится пробная лабораторная выпечка хлеба с последующим определением объемного выхода его на 100 г муки и оценкой органолептических показателей. К косвенным показателям относятся: содержание белка, количество и качество клейковины, число падения, седиментация, физические свойства теста.

Методика и объекты исследования. Экспериментальная часть работы выполнена на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Изучали влияние некорневой подкормки минеральным азотом яровой пшеницы по этапам онтогенеза. Объектом исследований были посевы яровой пшеницы сорта *Любава*. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднеподзоленная, легкосуглинистая. Агрохимическая характеристика па-

хотного слоя: содержание P_2O_5 – 225-259 мг/кг, K_2O – 240-296 мг/кг почвы по методу Кирсанова, слабокислая реакция (pH_{KCl} – 5,8-6,0) почвенной среды, гумус – 1,9-2,2 %.

Предшественник – зернобобовые. Размещение деленок систематическое, учетная площадь – 10 м², повторность – 4-кратная.

Агротехника возделывания – общепринятая для хозяйств Беларуси в соответствии с отраслевым регламентом [8].

Фосфорно-калийные удобрения (в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия) вносили осенью под основную обработку почвы в дозе $P_{60}K_{90}$. Под предпосевную культивацию вносили N_{90} (в виде карбамида). Посев проводили весной во второй декаде апреля сеялкой Джон Дир. Норма высева семян 4,5 млн/га всхожих зерен. В фазу кущения яровой пшеницы проводилась химическая прополка посевов гербицидом Прима (0,6 л/га), а в фазу флагового листа проводилась защита от болезней фунгицидом Прозаро (0,8 л/га).

Уборку проводили комбайном Сампо 130. После технологической очистки и сушки зерно соответствовало 100% чистоте и стандартной влажности (14%). Отбирали образцы зерна, в которых определяли содержание белка.

Варианты опыта: 1. $P_{60}K_{90}$ – (осенью), N_{90} (предпосевная культивация) + N_{30} (фаза кущения) – фон; 2. Фон + N_{10} , «флаговый лист»; 3. Фон + N_{15} , «флаговый лист»; 4. Фон + N_{20} , «флаговый – лист»; 5. Фон + N_{10} , цветение; 6. Фон + N_{15} , цветение; 7. Фон + N_{20} , цветение; 8. Фон + N_{10} , начало формирования зерна; 9. Фон + N_{15} , начало формирования зерна; 10. Фон + N_{20} , начало формирования зерна; 11. Фон + N_{10} , начало молочной спелости; 12. Фон + N_{15} , начало молочной спелости; 13. Фон + N_{20} , начало молочной спелости.

Результаты исследований и их обсуждение. Метеорологические условия вегетационного периода, сложившиеся в годы проведения исследований, способствовали формированию зерна пшеницы с достаточно высокой натурной массой (таблица 1), которая изменялась в зависимости от фазы развития растений и дозы азотных удобрений, используемых при некорневой подкормке.

В зависимости от фазы развития яровой пшеницы (ДК) и дозы азотных удобрений натура зерна изменялась в пределах 743-807 г/л. Средние данные по годам исследований позволяют сделать вывод о том, что высоко натурная пшеница (800-807 г/л) на 7,7-8,6% выше контроля получена в варианте с некорневой подкормкой в фазу ДК 71.

По данным наших исследований установлено, что разные дозы и сроки некорневой подкормки азотом по-разному влияют на белковость полученного зерна (таблица 2). В среднем за три года исследований (2017-2019 гг.) содержание белка возрастало. Так, максимальное количество было получено при проведении подкормки в фазу начала формирования зерна (ДК-71), превышение над контролем в зависимости от дозы азота (N_{10} , N_{15} , N_{20}) составило 1,4; 3,6; 7,2 процентов, в фазу начала молочной спелости (ДК 73-77) – на 2,9; 3,6; 5,8 процентов соответственно. По названным вариантам во все годы исследований отмечается высокое содержание белка в зерне (14,0-15,2 %), что определяет качество пшеничного зерна и в конечном итоге муки. Этот показатель можно увели-

Таблица 1 – Влияние некорневой подкормки азотом на массу зерна яровой пшеницы, г/л

Вариант	Фаза развития яровой пшеницы	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	± К контролю, %
Р ₆₀ К ₉₀ (осенью), N ₉₀ (предпосевная культивация) + N ₃₀ фаза кущения (120 кг/га) – фон	Контроль	740	748	741	743	-
Фон – N ₁₀	«Флаговый лист» (ДК 39)	768	770	765	768	3,4
Фон – N ₁₅		773	780	770	774	4,2
Фон – N ₂₀		780	775	781	779	4,8
Фон – N ₁₀	Цветение (ДК 61-69)	790	780	789	786	5,8
Фон – N ₁₅		791	795	799	795	7,0
Фон – N ₂₀		800	798	797	798	7,4
Фон – N ₁₀	Начало формирования зерна (ДК 71)	801	799	799	800	7,7
Фон – N ₁₅		808	800	799	802	7,9
Фон – N ₂₀		812	801	808	807	8,6
Фон – N ₁₀	Начало молочной спелости (ДК 73-77)	791	780	779	783	5,4
Фон – N ₁₅		790	783	790	788	6,0
Фон – N ₂₀		795	790	780	788	6,0

НСР₀₅

10,1

12,0

11,8

Таблица 2 – Влияние некорневой подкормки на содержание белка в зерне яровой пшеницы, % в абсолютно сухом веществе

Вариант	Фаза развития яровой пшеницы	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	% превышения контроля
Р ₆₀ К ₉₀ (осенью), N ₉₀ (предпосевная культивация) + N ₃₀ фаза кущения (120 кг/га) – фон	Контроль	13,8	14,0	14,0	13,9	-
Фон – N ₁₀	«Флаговый лист» (ДК 39)	13,9	14,0	14,0	14,0	0,7
Фон – N ₁₅		13,9	14,1	14,0	14,0	0,7
Фон – N ₂₀		14,0	14,1	14,0	14,0	0,7
Фон – N ₁₀	Цветение (ДК 61-69)	13,8	14,0	14,0	13,9	-
Фон – N ₁₅		13,7	14,0	14,0	13,9	-
Фон – N ₂₀		14,0	14,2	14,2	14,1	1,4
Фон – N ₁₀	Начало формирования зерна (ДК 71)	14,0	14,1	14,3	14,1	1,4
Фон – N ₁₅		14,0	14,5	14,7	14,4	3,6
Фон – N ₂₀		14,4	15,0	15,2	14,9	7,2
Фон – N ₁₀	Начало молочной спелости (ДК 73-77)	14,1	14,4	14,5	14,3	2,9
Фон – N ₁₅		14,0	14,4	14,8	14,4	3,6
Фон – N ₂₀		14,1	15,0	15,1	14,7	5,8

НСР₀₅

0,27

0,25

0,23

чить за счет агротехнических приемов в процессе возделывания в сочетании с генетической основой сорта. Следовательно, выведение новых высокопродуктивных и высокобелковых сортов позволит улучшить показатель качества заготавливаемого зерна.

Выводы

1. В зависимости от фазы развития яровой пшеницы и дозы азотных удобрений натура зерна изменялась в пределах 743-807 г/л. Средние данные по годам исследований позволяют сделать вывод, что зерно пшеницы с высокой натурной массой получено в вариантах с некорневой подкормкой азотом с дозами 15 и 20 кг/га в фазу ДК 71 – соответственно 807 и 802 г/л или на 8,6 и 7,9 процентов выше контроля.

2. Максимальное количество белка было получено в вариантах с подкормкой азотом (фаза начало формирования зерна (ДК-71), превышение над контролем в зависимости от дозы азота (N_{10} , N_{15} , N_{20}) составило 1,4; 3,6; 7,9 процентов, в фазу начала молочной спелости (ДК 73-77) – на 2,9; 3,6; 5,8 процентов соответственно.

Литература

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск, 2020. – 178 с.
2. Буштевич, В.Н. Высокопродуктивные сорта – основа высоких урожаев / В.Н. Буштевич, С.И. Гриб // Земледелие и защита растений. Приложение к журналу № 3. – 2020. – С. 5-7.
3. Семина, С.А. Урожай и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта / С.А. Семина, М.М. Мачнева // Зерновое хозяйство. – 2005. – №3. – С. 23-24.
4. Яровая пшеница / А.И. Бараев [и др.]; под общ. ред. А.И. Бараева. – М.: Колос, 1978. – 429 с.
5. Конарев, В.Г. Белки пшеницы / В.Г. Конарев. – М.: Колос, 1980. – 351 с.
6. Пумпянский, А.Я. Технологические свойства мягких пшениц / А.Я. Пумпянский. – Л.: отделение издательства Колос, 1971. – 320 с.
7. Стрельникова, М.М. Повышение качества зерна пшеницы. – Киев: Урожай, 1971. – 180 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. Навука, 2012. – 288 с.

IMPACT OF FOLIAR APPLICATION OF NITROGEN TO SPRING SOFT WHEAT ON GRAIN UNIT AND PROTEIN CONTENT

V.N. Bushtevich, I.E. Drobudzko

Grain unit is one of the main indicators of technological milling qualities of grain. The grain of spring wheat of the Lubava variety with a high natural weight was obtained with the application of N_{15} and N_{20} at the BBCH 71 stage, 807 g/L and 802 g/L respectively or 8.6 % and 7.9 % higher than the control. The highest protein content in grain was observed with the application of N_{15} and N_{20} at the grain ripening stage (BBCH 71) – 14.4% and 14.9 % respectively, which was 3.6 %-7.9 % higher than the control (the background $P_{60K_{90}}$ (in autumn), N_{90} (presowing cultivation) + N_{30} (tillering stage)).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

*Н.А. Сапего, соискатель
РУП «Институт льна»
(Поступила 01.04.2021)*

Рецензент: Бруй И.Г., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по эффективности применения новых форм жидких комплексных удобрений (хлорсодержащее и бесхлорное) с хелатными формами микроэлементов В, Zn, Cu, а также их совместного использования с регуляторами роста растений (Эко-сил, Эпин) и микроудобрениями (Экогум). Установлено, что их использование обеспечивает увеличение урожайности семян льна масличного на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в среднем на 1,1-3,5 ц/га или 7,2-22,9 % к фону и на 4,0-7,5 ц/га или 35,4-66,4 % к контролю (без удобрений).*

Сельское хозяйство Республики Беларусь в силу ее расположения в умеренных широтах специализировано на выращивании таких традиционных культур, как зерновые (преимущественно пшеница, ячмень, рожь), картофель, кормовые культуры. В последние годы в республике идет переориентация на возобновляемые источники энергии, при этом планируется существенное расширение объемов возделывания зернобобовых и масличных культур. В целях эффективного возделывания льна масличного с учетом расширения посевных площадей необходимо применение новых технологий, увеличивающих урожайность маслосемян и выход масла. Одним из таких технологических приемов является применение стандартных и новых (модифицированных) форм минеральных удобрений наряду с регуляторами роста растений, обеспечивающих сбалансированное соотношение элементов питания и повышающих экономическую эффективность за счет сокращения затрат на внесение [1, 2, 3].

Успех в получении высоких урожаев семян льна масличного в условиях Беларуси во многом определяется применяемой системой удобрений, поскольку в общем перечне среди агротехнических мероприятий этот фактор имеет решающее значение [4]. Макроудобрения являются основой технологии возделывания и оказывают всестороннее воздействие на культуру [5, 6, 7], в то же время микроэлементы выполняют важнейшие функции во всех процессах жизнедеятельности растения и являются необходимым компонентом сбалансированного питания, особенно когда содержание их подвижных форм в почве является недостаточным [3, 8].

Необходимость применения на льне микроэлементов – давно установленный факт. В силу своих биологических особенностей лен масличный предъявляет повышенные требования к плодородию почвы и отличается специфично-

стью питания. В течение всей вегетации растение активно поглощает питательные вещества, однако наиболее интенсивно – в период цветения и образования репродуктивных органов. Эта культура чувствительна к недостатку таких микроэлементов, как бор, цинк, медь, реагируя на их недостаток слабым развитием и отставанием в росте [8].

На смену микроэлементам в солевой форме пришли хелаты микроэлементов – сложные минеральные комплексные соединения, которые активно питают растения необходимыми микроэлементами, безопасны для почвы, культур и человека [1, 8, 9].

В настоящее время сотрудниками РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси разработаны новые составы жидких комплексных удобрений:

- жидкое комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение для льна масличного (хлорсодержащее) с соотношением NPK 5:7:10 и добавлением хелатных форм микроэлементов (В – 0,15 %, Zn – 0,10 %, Cu – 0,10 %) (далее – ЖКУ 1);

- жидкое комплексное азотно-фосфорно-калийное удобрение для льна масличного (бесхлорное) с соотношением NPK 5:7:10 и добавлением хелатных форм микроэлементов (В – 0,15 %, Zn – 0,10 %, Cu – 0,10 %) (далее – ЖКУ 2);

- РК – калия монофосфат жидкий с содержанием P_2O_5 (7,21 %), K_2O (не менее 4,79 %) без добавок;

- РК, В, Zn – калия монофосфат жидкий с содержанием P_2O_5 (7,21 %), K_2O (не менее 4,79 %) и добавками В (0,15 %), Zn (0,10 %) [9].

Целью наших исследований являлось изучение эффективности некорневых подкормок льна масличного удобрениями жидкими комплексными, в том числе с добавлением регуляторов роста растений и микроудобрений.

В качестве регуляторов роста растений к NPK были использованы Эко-сил – концентрат тритерпеновых кислот с полифункциональным действием, обеспечивающим эффективную защиту и ростостимулирование растений и Эпин – искусственно созданный аналог природного биостимулятора растений, адаптоген защитного и иммуномодулирующего свойства; в качестве микроудобрений – Экогум – гуминовое удобрение нового поколения.

Методика и условия проведения исследований. В качестве объекта исследования использовался крупносемянный сорт льна масличного *Илим*, внесенный в Государственный реестр сортов, разрешенных для возделывания в Беларуси с 2013 г.

Исследования проводили в 2018-2020 гг. на опытном поле РУП «Институт льна». Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: $pH_{(KCl)}$ – 5,03-5,05; гумус – 1,50-1,75%; P_2O_5 – 208-242 мг/кг почвы; K_2O – 208-273 мг/кг; CaO – 93,7-113,8 мг/кг; MgO – 26,0-27,1 мг/кг; Cu – 1,5-2,9 мг/кг; Zn – 2,2-2,9 мг/кг; В – 0,5-0,8 мг/кг почвы. Повторность вариантов в опыте 4-х кратная, учетная площадь делянки 12,5 м², общая – 16 м². Норма высева – 10 млн. всхожих семян на гектар.

Закладку и проведение полевых опытов, статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с методическими указаниями по А.Б. Доспехову [10]. Все работы по обработке почвы, севу, уходу за посевами выполняли в оптимальные сроки в течение одного дня, согласно регламенту [11].

В качестве основного удобрения в почву вносили $N_{60}P_{40}K_{80}$ (смесь стандартных удобрений: карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий). Подкормку по вегетации льна масличного проводили дважды: в фазу всходы – начало фазы «елочка» и в фазу «елочка», в дозах, указанных ниже.

Схема опыта включала в себя следующие варианты:

1. контроль (без удобрений)
2. $N_{60}P_{40}K_{80}$ – фон
3. фон + ЖКУ 1 (4 л/га) + (6 л/га)
4. фон + ЖКУ 2 (4 л/га) + (6 л/га)
5. фон + ЖКУ 2 + Экосил, ВЭ 50 г/л (4 л/га + 0,04 л/га) + (6 л/га + 0,06 л/га)
6. фон + ЖКУ 2 + Экогум Био, ВР (4 л/га + 0,8 л/га) + (6 л/га + 1,2 л/га)
7. фон + ЖКУ 2 + Эпин, Р (4 л/га + 0,032 л/га) + (6 л/га + 0,048 л/га)
8. фон + РК (4 л/га) + (6 л/га)
9. фон + РК (В, Zn) (4 л/га) + (6 л/га)

Результаты исследований и обсуждение. Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались различным температурным режимом и характером выпадения осадков, что дало возможность проследить влияние удобрений жидких комплексных на урожайность маслосемян льна масличного в различных условиях вегетации.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{40}K_{80}$, рекомендованной регламентом [11], в основную обработку почвы обеспечило повышение урожайности маслосемян льна масличного в среднем за годы исследований на 4,0 ц/га или 35,4 % к контролю.

Урожайность маслосемян в 2018-2019 гг. в среднем по вариантам опыта существенно не отличалась, в то время как в 2020 г., избыточно влажном, показатель урожайности маслосемян оказался значительно ниже (прибавка в среднем составила 5,6 ц/га), чем в предыдущие два года (таблица 1). Эффективность применения удобрений в более благоприятные по метеорологическим условиям годы была выше, в том числе в 2019 г. – прибавка урожайности маслосемян составила в среднем 4,7 ц/га, в 2018 г. – 7,9 ц/га по отношению к контрольному варианту.

Применение ЖКУ 1 обеспечило прибавку маслосемян к фону 1,9 ц/га в 2018 г., 1,1 ц/га в 2019 г. и 0,4 ц/га в 2020 г. Применение ЖКУ 2 в качестве некорневой подкормки обеспечило прибавку к фону в 2018 г. 1,1 ц/га, в 2019 г. 2,4 ц/га и в 2020 г. 0,5 ц/га. В среднем подкормка посевов жидкими комплексными удобрениями как хлорсодержащим, так и бесхлорным, обеспечивала дополнительную прибавку маслосемян по отношению к фону на 1,1 ц/га и 1,3 ц/га соответственно. Существенных различий между вариантами с применением данных форм удобрений не было, средний показатель составил всего 0,2 ц/га или 1,2 %

Таблица 1 – Урожайность маслосемян льна масличного, ц/га

Вариант	2018 г.	отклонение к контролю	2019 г.	отклонение к контролю	2020 г.	отклонение к контролю
Контроль (без удобрений)	10,6	-	15,2	-	8,2	-
N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀ – фон	15,6	5,0	18,1	2,9	12,2	4,0
фон + ЖКУ 1 (хлорсодержащее)	17,5	6,9	19,2	4,0	12,6	4,4
фон + ЖКУ 2 (бесхлорное)	16,7	6,1	20,5	5,3	12,7	4,5
фон + ЖКУ 2 + Экосил, ВЭ 50 г/л	19,5	8,9	21,7	6,5	15,2	7,0
фон + ЖКУ 2 + Экогум Био, ВР	19,0	8,4	19,2	4,0	14,1	5,9
фон + ЖКУ 2 + Эпин, Р	18,9	8,3	21,1	5,9	14,9	6,7
фон + РК	18,1	7,5	18,5	3,3	14,0	5,8
фон + РК (В, Zn)	19,7	9,1	19,2	4,0	13,2	5,0
<i>Среднее</i>	18,5	7,9	19,9	4,7	13,8	5,6
<i>НСР₀₅</i>	0,63		0,60		0,70	

по отношению к фону. Следовательно, при возделывании льна масличного можно применять жидкие комплексные удобрения, как хлорсодержащие, так и бесхлорные.

Использование для подкормки льна масличного регуляторов роста Экосил, ВЭ (50 г/л) и Эпин, Р позволило получить дополнительную прибавку маслосемян к ЖКУ 2 в среднем за три года 2,2 и 1,7 ц/га соответственно. При этом наибольшую эффективность в среднем за 3 года показало совместное применение ЖКУ 2 совместно с Экосил, ВЭ 50 г/л (2,2 ц/га). Использование микроудобрения Экогум Био, ВР для подкормки растений дополнительно обеспечило за 3 года прибавку в среднем 0,8 ц/га к ЖКУ 2.

Подкормка льна масличного по вегетации удобрением калия монофосфат (РК) обеспечила в среднем за годы исследований прибавку 1,6 ц/га к фону, а РК (В, Zn) оказалась более эффективной, увеличив урожайность маслосемян в среднем на 2,1 ц/га.

Анализ влияния жидких комплексных удобрений на урожайность маслосемян льна масличного позволил выявить наиболее эффективные варианты с совместным применением регуляторов роста.

Двукратные подкормки растений льна масличного способствовали получению наибольшей урожайности в 2018 г. в варианте с добавлением Экосил, ВЭ (50 г/л) и в варианте с использованием РК (В, Zn) – 19,5 и 19,7 ц/га, что на 25 % и 26,2 % соответственно выше фона. В 2018 г. и 2019 г. лучшими были варианты с добавлением к ЖКУ 2 Экосил, ВЭ (50 г/л) и Эпин, Р – 21,7 ц/га (15,2 %) и 21,1 ц/га (14,9 %) соответственно.

В среднем за 2018-2020 гг. в вариантах с некорневыми подкормками льна масличного (N₆₀P₄₀K₈₀ + ЖКУ 2 + Экосил, ВЭ 50 г/л и N₆₀P₄₀K₈₀ + ЖКУ 2 + Эпин, Р) получены наилучшие результаты. Урожайность маслосемян составила

18,8 и 18,3 ц/га соответственно, что обеспечило прибавку 3,5 и 3,0 ц/га по отношению к фону (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние жидких комплексных удобрений на урожайность маслосемян льна масличного (среднее за 2018-2020 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Отклонение			
		к контролю		к фону	
		ц/га	%	ц/га	%
Контроль (без удобрений)	11,3	-	-	-	-
Фон - N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	15,3	+4,0	35,4	-	-
Фон + ЖКУ 1	16,4	+5,1	45,1	+1,1	7,2
Фон + ЖКУ 2	16,6	+5,3	46,9	+1,3	8,5
Фон + ЖКУ 2 + Экосил, ВЭ 50 г/л	18,8	+7,5	66,4	+3,5	22,9
Фон + ЖКУ 2 + Экогум Био, ВР	17,4	+6,1	54,0	+2,1	13,7
Фон + ЖКУ 2 + Эпин, Р	18,3	+7,0	61,9	+3,0	19,6
Фон + РК	16,9	+5,6	49,6	+1,6	10,5
Фон + РК (В, Zn)	17,4	+6,1	54,0	+2,1	13,7

Следует отметить, что основное влияние на формирование культуры льна масличного оказывают минеральные удобрения, внесенные в основную заправку почвы – это 35,4 % урожайности. Дополнительные некорневые подкормки жидкими комплексными удобрениями на хлорсодержащей и бесхлорной основе обеспечивают дополнительно еще 7,2-13,7 % урожайности. Совместное внесение жидких комплексных удобрений с регуляторами роста растений (Экосил, Эпин) или микроудобрением (Экогум) повышает урожайность маслосемян льна масличного на 13,7-22,9 % (таблица 2).

Заключение

1. Исследования подтверждают высокую отзывчивость льна масличного как на основное внесение минеральных удобрений, так и на подкормки по вегетации. Установлено, что внесение удобрений обеспечивает повышение урожайности на 35,4-66,4 %.

2. Применение новых форм жидких комплексных удобрений с микроэлементами на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве позволяет в среднем увеличить урожайность маслосемян льна масличного на 1,1-3,5 ц/га или на 7,2-22,9 %.

3. Наиболее эффективно двукратное применение жидких комплексных удобрений (бесхлорных) совместно с регулятором роста Экосил, ВЭ (50 г/л), обеспечивающее в среднем прибавку урожайности маслосемян 3,5 ц/га или 22,9 %, а также с Эпин, Р, что позволило получить прибавку 3,0 ц/га или 19,6 %, и Экогум Био, ВР – 2,1 ц/га или 13,7 %.

4. Некорневые подкормки удобрением калия монофосфат увеличивают урожайность маслосемян льна на 1,6 ц/га или 10,5 %, а калия монофосфат (В, Zn) – на 2,1 ц/га или 13,7 %.

5. Применение новых форм жидких комплексных удобрений, содержащих микроэлементы, а также их совместное применение с регуляторами роста и микроудобрениями позволяет усовершенствовать технологию возделывания льна масличного.

Литература

1. Система применения удобрений: учебное пособие / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы – Гродно : ГГАУ, 2011. – 418 с.
2. Голуб, И.А. Лен масличный в Беларуси: значение и перспективы возделывания / И.А. Голуб [и др.]. – Минск: Наша Идея, 2009. – С. 44-47.
3. Рак, М.В. Некорневые подкормки микроудобрениями в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М.В. Рак, М.Ф. Дембицкий, Г.М. Сафоновская // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 2. – С. 7-11.
4. Прудников, В.А. Система удобрений льна масличного / В.А. Прудников [и др.]. – Устье: РУП «Институт льна», 2011. – 32 с.
5. Пироговская, Г.В. Влияние разных доз комплексных удобрений с добавками микроэлементов на урожайность и качество семян льна масличного на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / Г.В. Пироговская, Ю.Г. Милоста // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2(39). – С. 165-170.
6. Пироговская, Г.В. Влияние комплексных удобрений с добавками железосодержащих соединений на поступление железа в почву и растения льна масличного / Г.В. Пироговская, Ю.Г. Милоста // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 2020. – № 1 (64). – С. 190-204.
7. Пироговская, Г.В. Экономическая эффективность применения комплексных удобрений с модифицирующими добавками в технологии возделывания льна масличного / Г.В. Пироговская, Ю.Г. Милоста // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2013. – № 4. – С. 46-54.
8. Пукалова, Е.Н. Влияние различных форм доз микроудобрений на накопление и вынос микроэлементов растениями льна масличного / Е. Н. Пукалова // Почвоведение и агрохимия. 2020. – № 1 (64). – С. 182-189.
9. Применение удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г.В. Пироговская [и др.] – Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 40 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Колос, 1979. – 416 с.
11. Отраслевой регламент. Возделывание льна масличного на семена. Типовые технологические процессы / сб. отраслевых регламентов: «Организационно-технические нормативы возделывания кормовых и технических культур // НАН Беларуси, НПЦ НАНБ по земледелию – под ред. В. Г. Гусакова. – Минск, 2012. – С. 348-362.

EFFICIENCY OF APPLYING NEW FORMS OF LIQUID COMPLEX FERTILIZERS FOR INCREASING THE YIELD OF OIL FLAX SEEDS

N.A. Sapego

The article presents the results of applying new forms of liquid complex fertilizers (chlorine-containing and chlorine-free) with chelated forms of microelements B, Zn, Cu and with biologically active additives (growth regulators Ekosil, Ecogum, Epin). It's established that their application provides the yield increase of oil flax seeds on average by 1.1-3.5 dt/ha or 7.2-22.9 % compared to the background and by 4-7.5 dt/ha or 35.4-66.4 % compared to the control (without fertilizers) on sod-podzolic light loamy soil.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ ОВСА ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

А.Г. Власов, С.П. Халецкий, кандидаты с.-х. наук

Т.М. Булавина, доктор с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 13.04.2021)

Рецензент: Булавин Л.А., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния на урожайность овса сорта Мирт микроудобрений при разном уровне азотного питания растений. Установлено, что наибольшую урожайность зерна овса 54,3 и 54,2 ц/га обеспечило применение на фоне N_{90} и N_{60+30} микроудобрения Ультрамаг Комби, ВР (2,0 л/га) в фазу выхода в трубку (ДК 31-32). Прибавка урожайности за счет использования этого препарата составила 3,6-3,7 ц/га (7,1-7,3 %), что примерно соответствовало дополнительному внесению азота N_{30} под предпосевную культивацию или в фазу кущения культуры по сравнению с предпосевным использованием N_{60} .

Современные интенсивные технологии возделывания зерновых культур, обеспечивающие получение стабильной урожайности в Беларуси на высокоокультурных суглинистых почвах 5,0-8,0, супесчаных 4,0-6,0 т/га зерна включают в систему применение органических, макро- и микроудобрений. Значение последних повышается при увеличении уровня азотного питания, а также на бедных и известкованных почвах с низким содержанием подвижных форм микроэлементов. Прибавка урожайности от их применения достигает 10-15 %, при этом улучшается качество выращиваемой продукции [12, 14, 15].

Наиболее эффективными способами применения микроудобрений являются некорневые подкормки в период вегетации растений и инкрустация семян. Так, при попадании на листья используется 40-70 % микроэлементов, тогда как при внесении их в почву – лишь несколько процентов, а в некоторых случаях – даже десятые доли процента [12]. Кроме того, некорневые подкормки, как правило, проводятся в критические фазы роста и развития растений. Для яровых зерновых культур по потреблению элементов питания это период от появления всходов до начала выхода в трубку [14, 6 с. 39-43]. Именно поэтому широкое применение для некорневых подкормок в этот период находят комплексные микроудобрения, содержащие в своем составе макро- и микроэлементы.

Из зерновых культур овес считается менее требовательным к почвенному плодородию за счет того, что лучше усваивает питательные вещества из почвы. В то же время высокую урожайность этой культуры можно получить только на почвах с повышенным содержанием элементов минерального питания при достаточной влагообеспеченности и применении оптимальных доз удобрений [2, 3, 5].

Известно, что на дерново-подзолистых почвах основным фактором является азот [13]. Оптимальные его дозы для овса в условиях республики не превышают 90-120 кг/га д.в. [2, 5, 7]. Как и все зерновые, овес чувствителен к недостатку микроэлементов и, прежде всего, меди и марганца. Дефицит последнего отмечается при pH почвы более 6,0 [12].

В Беларуси исследования по оценке эффективности применения микроудобрений при возделывании овса проводились рядом авторов [3, 8-11]. В то же время в недостаточной степени изучено их влияние на урожайность этой культуры при разном уровне азотного питания растений, что послужило основанием для проведения наших исследований.

Материалы и методика исследований. В 2018-2020 гг. изучали влияние микроудобрений на урожайность овса при различном уровне применения азотных удобрений. Исследования проводили в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,31-2,89 %, P_2O_5 – 218-246 мг/кг, K_2O – 268-366 мг/кг почвы, pH (в KCL) – 5,2-6,3. Предшественник овса – озимая пшеница. Минеральные удобрения ($P_{60}K_{100}$) вносили под зяблевую вспашку. Весной при наступлении физической спелости почвы под предпосевную обработку применяли азотное удобрение (карбамид) в соответствии со схемой опыта. Подкормка проводилась этим же удобрением в фазу кущения культуры. Норма высева семян овса пленчатого сорта *Мирт* составляла 5,0 млн/га всхожих семян. Уход за посевами овса проводили в соответствии с отраслевым регламентом возделывания этой культуры. Комплексные микроудобрения Максимум, кр.п. (N общий – 20 %; P_2O_5 – 20 %; K_2O – 20 %; MgO – 0,5 %; SO_3 – 0,4 %; Mn – 0,01 %; B – 0,05 %; Zn – 0,04 %; Cu – 0,06 %; Fe – 0,11 %; Mo – 0,001 %) и Ультрамаг Комби, BP (N общий – 15±6 %; MgO – 2±0,6 %; SO_3 – 4,5±1,3 %; Fe – 0,8±0,2 %; Mn – 1,1±0,3 %; Zn – 1±0,3 %; Cu – 0,9±0,3 %; Mo – 0,005±0,002 %; Ti – 0,02±0,01 %) вносили в фазу выхода в трубку овса (ДК 31-32), а микроудобрение Наноплант, Ж (Co не менее 0,36 г/л; Mn не менее 0,36 г/л; Cu, не менее 0,43 г/л; Fe не менее 0,60 г/л; Zn не менее 0,25 г/л; Cr не менее 0,45 г/л; Mo не менее 0,45 г/л; Se не менее 0,45 г/л) использовали для предпосевной обработки семян совместно с протравителем и в фазу выхода в трубку (ДК 31-32) в дозах согласно схеме опыта.

Определение влажности почвы, элементов структуры урожайности овса проводилось по общепринятым методикам. Статистическая обработка полученных результатов осуществлялась в программе Statistica 6.0.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что критический период овса по отношению к влаге приходится на фазы выход в трубку, выметывание и цветение [1]. Обеспечение культуры влагой в этот период способствует повышению эффективности применения средств интенсификации и росту урожайности [4]. Поэтому влажность почвы является важным критерием для оценки влагообеспеченности растений в период вегетации.

В период проведения исследований влажность почвы по фазам развития овса изменялась в зависимости от погодных условий во время вегетации. Так, в

2018 г. сев культуры проводился в более сухую почву (17,9 %) чем в 2019 г. и 2020 г. В последующем в 2018 г. с фазы выхода в трубку в посевах овса отмечался недостаток почвенной влаги, а в фазу флагового листа до начала цветения наблюдался ее острый дефицит. Влажность пахотного слоя почвы в указанные выше фазы развития культуры составила 7,2 и 3,4-3,5 % соответственно. В 2019 г. растения овса в течение вегетации не испытывали критического недостатка влаги, а условия в фазу кущения и выхода в трубку были благоприятными по увлажнению почвы (20,6-24,8 %), что в последующем положительно сказалось на уровне урожайности зерна. Наиболее влажным за период проведения исследований был 2020 г. Значительное количество осадков в фазу трех листьев – кущения культуры обеспечило повышенную влажность почвы до 20,5-23,7 %, в последующем практически еженедельные дожди до конца цветения поддерживали значение этого показателя на уровне 14,4-18,7 %. Осадки в период налива и созревания зерна увеличили влажность почвы до 17,2-20,5 %. Это способствовало активным ростовым процессам растений, что на фоне высокого уровня азотного питания приводило к полеганию посевов (таблица 1).

Таблица 1 – Влажность почвы по фазам развития растений овса, %

Фаза развития	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Посев (сухое зерно)	17,9	22,2	19,6
Всходы (первый лист)	16,7	16,6	15,7
Три листа	11,0	14,0	23,7
Кущение	10,3	24,8	20,5
Выход в трубку (1-й узел)	7,2	20,6	16,0
Флаговый лист	3,5	9,4	14,4
Выметывание	3,4	11,4	14,7
Начало цветения	3,4	8,8	14,7
Конец цветения	13,4	6,9	18,7
Молочно-восковая спелость	16,3	7,1	20,5
Созревание	9,8	9,8	17,2

Применение микроудобрений на фоне различного уровня азотного питания растений овса способствовало, в первую очередь, увеличению озерненности метелки и массы 1000 зерен. Это связано с тем, что в фазу выхода в трубку, когда применялись изучаемые препараты, в процессе органогенеза определяется сколько полноценных колосков и цветков будет развиваться в метелке, а также в какой степени в последующем они будут обеспечиваться всеми элементами питания. Обработка семян микроудобрением наноплант в сочетании с опрыскиванием им вегетирующих посевов способствовала улучшению формирования всех элементов структуры урожайности. На эти показатели также оказывали влияние азотные удобрения, которые применяли при возделывании овса (таблица 2).

Обработка семян овса микроудобрением Наноплант (0,5 л/т) с последующим его применением по вегетирующим растениям в фазу появления 1-го узла (0,1 л/га) способствовала повышению числа продуктивных стеблей на 5,2-11,6

Таблица 2 – Структура урожайности овса в зависимости от вида применяемого микроудобрения и уровня азотного питания (среднее за 2018-2020 гг.)

Микроудобрение	Доза азота	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Число зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г
Без микроудобрений	60	424,1	33,7	35,8
	90	432,5	34,9	36,1
	60+30	445,7	35,3	36,2
	90+30	452,8	33,3	36,0
	<i>Среднее</i>	438,8	34,3	36,0
Максимус, 1,0 кг/га	60	425,3	35,3	36,5
	90	433,9	36,8	36,7
	60+30	448,0	37,0	36,6
	90+30	453,4	36,5	36,3
	<i>Среднее</i>	440,1	36,4	36,5
Ультрамаг Комби, 1,0 л/га	60	429,6	35,1	36,1
	90	439,4	35,7	36,6
	60+30	446,3	36,7	36,3
	90+30	458,1	35,8	36,0
	<i>Среднее</i>	443,3	35,8	36,2
Ультрамаг Комби, 2,0 л/га	60	429,4	36,8	35,9
	90	436,2	37,7	36,2
	60+30	446,5	38,0	36,6
	90+30	457,4	37,5	36,3
	<i>Среднее</i>	442,4	37,5	36,3
Наноплант, 0,5 л/т + 0,1 л/га	60	429,3	36,6	36,1
	90	440,4	37,3	36,3
	60+30	453,1	37,9	36,4
	90+30	464,4	37,1	36,5
	<i>Среднее</i>	446,8	37,2	36,3

шт./м² (1,2-2,6 %) в зависимости от уровня азотного питания. При использовании для обработки растений овса препаратов Максимус (1,0 кг/га) и Ультрамаг Комби (1,0 и 2,0 л/га) этот показатель увеличился на 0,1-1,6 %.

Наибольшая озерненность метелки овса была при использовании микроудобрений Ультрамаг Комби (2,0 л/га) и Наноплант (0,5 л/т + 0,1 л/га) на фоне N₆₀₊₃₀ – 38,0 и 37,9 шт. соответственно. Увеличение числа зерен по сравнению с вариантом, где эти препараты не применяли, составило 2,7 и 2,6 шт. (7,7 и 7,4 %).

Максимальная масса 1000 зерен овса (36,6-36,7 г) была получена при обработке посевов микроудобрением Максимус (1,0 кг/га) на фоне внесения азота в дозе N₉₀ и N₆₀₊₃₀, а также при использовании Ультрамаг Комби (1,0 л/га) на фоне N₉₀ и Ультрамаг Комби (2,0 л/га) при применении N₆₀₊₃₀. Увеличение этого показателя по сравнению с вариантами, где эти препараты не применяли, составил 0,4-0,6 г (1,1-1,7 %).

Повышение дозы азота с N₆₀ до N₉₀ при предпосевном его внесении и возделывании овса без применения микроудобрений способствовало увеличению числа продуктивных стеблей в среднем за 3 года на 8,4 шт./м² (2,0 %), числа зе-

рен в метелке на 1,2 шт. (3,6 %), массы 1000 зерен на 0,3 г (0,8 %). Проведение подкормки в дозе N_{30} в фазу кущения на фоне N_{60} увеличивало эти показатели на 21,6 шт./м² (5,1 %), 1,6 шт. (4,7 %) и 0,4 г (1,1 %) соответственно. Дополнительное внесение N_{30} на фоне N_{90} увеличивало количество продуктивных стеблей на 20,3 шт./м² (4,7 %). При этом озерненность метелки овса и масса 1000 зерен снижалась вследствие полегания посевов на 1,6 шт. (4,6 %) и 0,1 г (0,3 %) соответственно.

В среднем за 3 года наибольшая урожайность зерна овса (54,3 и 54,2 ц/га) получена при применении на фоне N_{90} и N_{60+30} микроудобрения Ультрамаг Комби (2,0 л/га, ДК 31-32). При возделывании этой культуры без использования микроудобрений максимальная урожайность (50,6 ц/га) была сформирована в варианте с применением азота в дозе N_{60+30} . Следовательно, за счет применения Ультрамаг Комби (2,0 л/га) дополнительно получено 3,6-3,7 ц/га (7,1-7,3 %) зерна овса. Примерно такая же прибавка урожайности (3,4-4,5 ц/га или 7,4-9,8 %) была получена при дополнительном внесении азота N_{30} в фазу кущения культуры на фоне предшествующего предпосевного использования N_{60} , а также при применении N_{90} до посева в сравнении с N_{60} (таблица 3).

Подкормка азотом (N_{30}) в фазу кущения овса на фоне предпосевной дозы N_{90} при возделывании этой культуры без применения микроудобрений приводила к снижению урожайности в среднем за 3 года на 2,8 ц/га (5,7 %). Это связано с высокой степенью полегания посевов в 2020 г. из-за обильного выпадения осадков в период вегетации культуры. Снижение урожайности при этом составило 11,6 ц/га (22,7 %). В тоже время в 2018 г. азотная подкормка обеспечила достоверный рост урожайности на 2,1 ц/га (4,9 %). В 2019 г. существенных различий между указанными выше вариантами не отмечалось. Использование микроудобрений позволяло в некоторой степени уменьшить негативный эффект снижения урожайности от полегания посевов при высокой дозе азота N_{90+30} в 2020 г. Так, при применении микроудобрений Максимус (1,0 кг/га) и Ультрамаг Комби (1,0 и 2,0 л/га) урожайность зерна овса уменьшилась на 6,6-9,2 ц/га (12,5-16,0 %), а при использовании препарата Наноплант (0,5 л/т + 0,1 л/га) на 3,0 ц/га (5,8 %).

Выводы

1. Микроудобрения Максимус, кр.п. (1,0 кг/га), Ультрамаг Комби, ВР (1,0 и 2,0 л/га), Наноплант, Ж (0,5 л/т + 0,1 л/га) при использовании на посевах овса сорта *Мирт* способствовали увеличению озерненности метелки на 7,4-7,7 %, массы 1000 зерен на 1,1-1,7 % и числа продуктивных стеблей на 0,1-2,6 %. При повышении уровня азотного питания растений с N_{60} до N_{60+30} и N_{90} отмечалось увеличение числа зерен в метелке на 3,6-4,7 %, числа продуктивных стеблей на 2,0-5,1 % и массы 1000 зерен на 0,8-1,1 %.

2. Наибольшую урожайность зерна овса 54,3 и 54,2 ц/га обеспечило применение на фоне N_{90} и N_{60+30} микроудобрения Ультрамаг Комби, ВР (2,0 л/га) в фазу выхода в трубку (ДК 31-32). При возделывании овса без использования микроудобрений максимальная урожайность (50,6 ц/га) была получена при вне-

Таблица 3 – Урожайность зерна овса в зависимости от вида микроудобрения и уровня азотного питания растений, ц/га

Микроудобрение	Доза азота	2018 г.	2019 г.	2020 г.	<i>Среднее</i>
Без микроудобрений	60	39,7	50,7	48,0	<i>46,1</i>
	90	42,9	54,5	51,0	<i>49,5</i>
	60+30	43,9	55,5	52,4	<i>50,6</i>
	90+30	45,0	55,8	39,4	<i>46,7</i>
	<i>Среднее</i>	<i>42,9</i>	<i>54,1</i>	<i>47,7</i>	<i>48,2</i>
Максимум, 1,0 кг/га	60	42,0	55,6	48,9	<i>48,8</i>
	90	44,9	58,8	53,0	<i>52,2</i>
	60+30	45,6	59,5	53,5	<i>52,9</i>
	90+30	46,7	59,0	46,4	<i>50,7</i>
	<i>Среднее</i>	<i>44,8</i>	<i>58,2</i>	<i>50,5</i>	<i>51,2</i>
Ультрамаг Комби, 1,0 л/га	60	41,8	55,3	53,3	<i>50,1</i>
	90	44,9	58,9	56,1	<i>53,3</i>
	60+30	45,8	59,4	55,8	<i>53,7</i>
	90+30	46,7	59,4	48,5	<i>51,5</i>
	<i>Среднее</i>	<i>44,8</i>	<i>58,3</i>	<i>53,4</i>	<i>52,2</i>
Ультрамаг Комби, 2,0 л/га	60	43,0	56,9	53,8	<i>51,2</i>
	90	45,5	60,0	57,5	<i>54,3</i>
	60+30	46,1	60,5	55,9	<i>54,2</i>
	90+30	46,9	60,2	48,3	<i>51,8</i>
	<i>Среднее</i>	<i>45,4</i>	<i>59,4</i>	<i>53,9</i>	<i>52,9</i>
Наноплант, 0,5 л/т + 0,1 л/га	60	41,9	56,4	51,5	<i>49,9</i>
	90	44,8	59,1	51,7	<i>51,9</i>
	60+30	45,8	59,5	54,1	<i>53,1</i>
	90+30	46,7	60,2	48,7	<i>51,9</i>
	<i>Среднее</i>	<i>44,8</i>	<i>58,8</i>	<i>51,5</i>	<i>51,7</i>
НСР ₀₅ частные средние		2,4	2,98	3,14	
микроудобрение		1,2	1,49	1,57	
азот		1,1	1,33	1,41	

сении азота в дозе N_{60+30} . Прибавка урожайности за счет применения Ультрамаг Комби (2,0 л/га) составила 3,6-3,7 ц/га (7,1-7,3 %), что примерно соответствовало увеличению урожайности (3,4-4,5 ц/га или 7,4-9,8 %) от внесения N_{30} в фазу кушения культуры на фоне предшествующего предпосевного использования N_{60} , а также при применении N_{90} до посева в сравнении с N_{60} .

Литература

1. Богачков, В.И. Овес в Сибири и на Дальнем Востоке / В.И. Богачков. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 127 с.
2. Богдевич, И.М. Эффективность применения минеральных удобрений под овес на дерново-подзолистых почвах Беларуси / И.М. Богдевич, Л.В. Очковская, В.В. Барашенко // Почвенные исследования и применение удобрений. Межведомственный тематический сборник / Под редакцией И. М. Богдевича. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2001. – Вып. 26. – С. 5-12.
3. Вильдфлуш, И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 293 с.

4. Концевая, М.Ф. Влияние сроков посева, норм высева и агрофонов на урожай овса сорта Кондор : автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук : 06.01.05 / М.Ф. Концевая ; Бел. ордена трудовой красного знамени сельхоз. акад. – Горки, 1975. – 23 с.

5. Лапа, В.В. Влияние азотных удобрений на урожай овса и вынос элементов питания / В.В. Лапа, В.Н. Босак, Е.М. Лимантова, Т.М. Германович // Почвоведение и агрохимия : Сб. науч. тр. / Белорусский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии ; редкол.: И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 1998. – Вып.30. – С. 89-95.

6. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.

7. Лапука, Л.П. Влияние доз азотных удобрений и норм высева на урожай ячменя и овса // Л.П. Лапука, З.П. Лапука // Пути повышения урожайности полевых культур : межвед. тематич. сб. / Белорусский НИИ земледелия ; редкол.: В. П. Самсонов [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – Вып. 22. – С. 49-58.

8. Лопух, М.С. Влияние комплексного применения макро- и микроудобрений на урожай и качество овса голозерного при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / М.С. Лопух ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2011. – 21 с.

9. Мишура, О.И. Эффективность применения микроудобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста при возделывании гороха и овса на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / О.И. Мишура ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 23 с.

10. Мурзова, О.В. Эффективность применения новых форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса голозерного и пленчатого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / О. В. Мурзова ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2017. – 24 с.

11. Рак, М.В. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожайность овса на дерново-подзолистой супесчаной почве / М. В. Рак, М. Ф. Дембицкий, Г. М. Сафроновская // Почвенные исследования и применение удобрений : межвед. тематич. сб. / РУП “Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси”. – Минск, 2004. – Вып. 28 – С. 203-209.

12. Рак, М.В. Некорневые подкормки микроудобрениями в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М.В. Рак, М.Ф. Дембицкий, Г.М. Сафроновская // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №2. – С. 25-27.

13. Семененко, Н.Н. Научные основы совершенствования системы управления продукционным процессом зерновых культур / Н.Н. Семененко // Земледелие и защита растений. – 2019. – №1. – С. 3-12.

14. Система применения органических, минеральных макро- и микроудобрений в севооборотах : рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2012. – 56 с.

15. Система применения удобрений под сельскохозяйственные культуры для высококультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почв, обеспечивающая получение 9-10 т к. ед. с 1 га севооборотной площади при высоких показателях качества продукции и снижение затрат на минеральные удобрения на 15-20% : рекомендации / Е.Г. Мезенцева [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 26 с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MICROFERTILIZERS TO OATS WITH A DIFFERENT LEVEL OF NITROGEN NUTRITION **A.G. Vlasov, S.P. Khaletsky, T.M. Bulavina**

The paper presents the research results on the effect of microfertilizers on the yield of the oats variety Mirt with a different level of nitrogen nutrition. It was established that the application of the microfertilizer Ultramag Combi, WS (2.0 l/ha) at the stem elongation stage (AC 31-32) against the

background N_{90} and N_{60+30} provided the highest oats yield (54.3 and 54.2 dt/ha). Due to the application of the preparation the yield increase amounted to 3.6-3.7 dt/ha (7.1-7.3 %), which was approximately equivalent to the additional application of nitrogen N_{30} at the time of pre-sowing cultivation or at the tillering stage in comparison with pre-sowing use of N_{60} .

УДК 633.15: 631 [559+51]

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ И СРОКОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

Л.А.Булавин, доктор с.-х. наук, А.П. Гвоздов, Д.Г. Симченков,
кандидаты с.-х. наук

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 17.02.2021)*

Рецензент: Володькин Д.Н., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по изучению влияния обработки почвы на урожайность зерна кукурузы в условиях Центральной зоны Беларуси. Минимализация обработки почвы и нарушение сроков ее проведения снижали этот показатель лишь на 0,3-4,3 %. Наименьшие различия по урожайности зерна кукурузы в сравнении с ежегодной отвальной обработкой почвы отмечались при комбинированной обработке, предусматривающей чередование в севообороте вспашки и чизелевания. Проведение подпочвенного рыхления на глубину 45 см увеличило урожайность зерна кукурузы при ежегодной вспашке в севообороте на 2,5 %, а ежегодном чизелевании – на 1,9 %.

Важным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур является обработка почвы, которой принадлежит значительная роль в регулировании основных факторов жизни растений и формировании их урожайности. Этот агроприем оказывает существенное влияние на физические, водно-воздушные, биологические и агрохимические свойства пахотного горизонта, а также на фитосанитарное состояние посевов [4].

Традиционная обработка почвы, основанная на ежегодном проведении вспашки, требует значительных затрат топлива и рабочего времени, что не позволяет в условиях производства провести ее в полном объеме в оптимальные сроки. Это способствует увеличению засоренности посевов и распространенности корневых гнилей, спорыньи, а также таких видов вредителей как проволочник, тля, листоед и т.д. [8]. При этом существенно снижается интенсивность микробиологических процессов в почве по минерализации растительных остатков для питания растений. Все это приводит к снижению урожайности возделываемых культур [4].

Сельскохозяйственные культуры различаются по реакции на нарушение оптимальных сроков проведения яблевой вспашки. Так, если у однолетних трав, люпина узколистного, рапса ярового, ячменя, овса снижение урожайности

под влиянием этого фактора в условиях Центральной зоны Беларуси составляло 7-10 %, то у клевера лугового, картофеля – 12-14 %, яровых пшеницы и тритикале – 15 % [2]. В то же время на легких почвах южной части республики осеннюю вспашку под кукурузу лучше проводить поздно осенью (в октябре), т.к. поздняя осенняя вспашка после зерновых снижает интенсивность минерализации органического вещества в летне-осенний период и переносит этот процесс на следующий год ближе ко времени наибольшего потребления элементов минерального питания кукурузой [7].

В настоящее время кукуруза выращивается на зеленую массу и зерно практически во всех регионах Беларуси, которые существенно различаются по почвенно-климатическим условиям. При этом необходимо отметить, что влияние обработки почвы на урожайность зерна этой культуры изучалось лишь в Южной зоне республики [7]. В Центральной зоне Беларуси исследовалось влияние этого агроприема только при возделывании кукурузы на зеленую массу [6, 9]. Это свидетельствует о том, что представляется целесообразным дальнейшее изучение эффективности обработки почвы при возделывании кукурузы в конкретных условиях произрастания с учетом вида выращиваемой продукции.

Условия и методика проведения исследований. В 2016-2018 гг. изучали влияние основной обработки почвы на урожайность зерна кукурузы. Исследования проводили в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,45-2,67 %, P_2O_5 – 303-314 мг/кг, K_2O – 289-301 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,9-6,3) в стационарном полевом опыте, представляющем развернутый во времени 7-польный плодосменный севооборот со следующим чередованием культур: люпин узколистный на зерно – озимое тритикале – яровой рапс – кукуруза – ячмень + клевер – клевер 1 г.п. – озимая пшеница. После уборки предшественника кукурузы и лущения стерни вносили фосфорно-калийные удобрения ($P_{60}K_{120}$) и навоз (70 т/га), а затем в соответствии со схемой опыта проводили основную обработку почвы. Вспашку проводили плугом ППП-3-40, безотвальную обработку (чизелевание) – культиватором КЧ-5,1, мелкую обработку (дискование) – дискатором АДН-4, глубокое рыхление – глубокорыхлителем ПРПВ-5-50В (тип «параплау»). Весной под предпосевную культивацию вносили азотные удобрения (N_{60}). Кукурузу высевали в конце третьей декады апреля. В фазу 2-3 листа этой культуры вносили гербицид Экстракорн, 4 л/га. В фазу 5 листьев кукурузы проводили азотную подкормку (N_{60}). Общая площадь делянки 120 м² (24×5), учетная – 92 м² (23×4), повторность 3-кратная.

Метеорологические условия в период проведения исследований существенно отличались от среднесезонных как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков. В 2016 г. за вегетационный период кукурузы сумма активных температур была выше нормы на 10,3 %, а количество атмосферных осадков было ниже среднесезонного уровня на 9,7 %. В 2017 г. сумма активных температур превысила норму на 0,9 %, а количество атмосферных осадков на 6,2 %. В 2018 г. сумма активных температур была выше нормы на 11,7 %, а количество атмосферных осадков было ниже среднесезонного уровня на 11,7 %.

голетнего уровня на 19,6 %. Гидротермический коэффициент (ГТК) за период вегетации кукурузы составил в 2016 г. – 1,28, в 2017 г. – 1,70, в 2018 г. – 1,17 при норме для региона, где проводили исследования, 1,61.

Результаты исследований и обсуждение. Известно, что отвальная обработка почвы наряду с высокой затратностью способствует усилению водной и ветровой эрозии. В этом случае отмечается также деградация гумуса, обеструктурирование, декальцификация почвы, несбалансированность агрономически значимых химических и физических ее свойств, потеря биогенности и т.д., что оказывает негативное влияние на уровень продуктивности пашни. Поэтому во многих странах мира в настоящее время проводятся исследования по изучению возможности минимализации обработки почвы при возделывании основных сельскохозяйственных культур [5]. Установлено, что совершенствование системы обработки почвы в севообороте в результате замены под отдельные культуры отвальной вспашки безотвальной и мелкой обработкой позволяет в сравнении с ежегодной вспашкой сократить расход топлива на проведение этой технологической операции не менее чем на 10-30 %, сдерживать эрозию почвы и минерализацию гумуса, сохранить или увеличить продуктивность возделываемых культур [10]. В то же время необходимо отметить, что запаздывание с безотвальной и мелкой обработкой влечет за собой больше отрицательных последствий, чем с поздней вспашкой, так как чизельными и дисковыми орудиями в отличие от плуга невозможно качественно обработать почву при значительном отрастании в послеуборочный период сорняков и падалицы культурных растений [1]. Это необходимо принимать во внимание при планировании системы обработки почвы в севообороте.

Установлено, что различия по погодным условиям в годы исследований оказывали существенное влияние на уровень урожайности кукурузы. Так, в условиях 2016 г. урожайность зерна этой культуры в зависимости от способов и сроков проведения основной обработки почвы изменялась в пределах 94,6-102,3 ц/га, в 2017 г. – 58,5-67,4 ц/га, в 2018 г. – 118,3-125,9 ц/га.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что урожайность зерна кукурузы, которую возделывали на фоне ежегодно проводимой в севообороте общепринятой отвальной обработки почвы (лушение стерни + вспашка), составила в среднем за 2016-2018 гг. 95,3 ц/га. В вариантах, где на протяжении всего периода исследований в севообороте проводили безотвальную (чизелевание) или мелкую (дискование) обработку почвы, этот показатель был равен соответственно 92,8 и 91,6 ц/га, т.е. снижался на 2,5 и 3,7 ц/га или 2,6 и 3,9 % (таблица 1).

При применении комбинированной обработки почвы, предусматривающей чередование в севообороте через год вспашки и чизелевания или вспашки и дискования, урожайность зерна кукурузы составила соответственно 95,0 и 94,5 ц/га, что лишь на 0,3 и 0,8 ц/га (0,3 и 0,8 %) ниже по сравнению с ежегодной вспашкой.

Известно, что на уровень урожайности сельскохозяйственных культур оказывают влияние свойства не только пахотного, но и более глубоких слоев поч-

**Таблица 1 – Влияние способов и сроков основной обработки почвы
на урожайность зерна кукурузы, ц/га**

Способ обработки почвы	Урожайность кукурузы, ц/га				± к контролю	
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя	ц/га	%
Общепринятая	98,3	63,0	124,7	95,3	-	-
Чизельная (100%)	96,6	60,5	121,4	92,8	-2,5	-2,6
Мелкая (100%)	95,0	61,5	118,3	91,6	-3,7	-3,9
Комбинированная (50% чизельная)	97,9	62,5	124,7	95,0	-0,3	-0,3
Комбинированная (50% мелкой)	98,5	63,1	122,0	94,5	-0,8	-0,8
Общепринятая с подпочвенным рыхлением	99,9	67,4	125,9	97,7	2,4	2,5
Чизельная с подпочвенным рыхлением	102,3	61,5	120,0	94,6	-0,7	-0,7
Лущение + поздняя вспашка (15.X.)	97,1	62,3	120,5	93,3	-2,0	-2,1
Поздняя вспашка (15.X.)	95,3	61,4	120,7	92,5	-2,8	-2,9
Лущение + весновспашка	95,1	62,0	119,2	92,1	-3,2	-3,4
Весновспашка	94,6	61,5	120,6	92,2	-3,1	-3,3
Чизельная осенью + чизельная весной	95,4	58,5	119,7	91,2	-4,1	-4,3
НСР ₀₅	4,8	4,9	13,4			

Примечание: Подпочвенное рыхление проводили на глубину 45 см под 1-ю и 4-ю культуры севооборота (люпин узколистный и кукуруза) после основной обработки почвы

вы [3]. Результаты исследований свидетельствуют о том, что при общепринятой отвальной системе обработки почвы в севообороте и проведении подпочвенного рыхления урожайность зерна кукурузы составила в среднем 97,7 ц/га, т.е. увеличилась по сравнению с ежегодной вспашкой на 2,4 ц/га (2,5 %). На фоне ежегодного чизелевания рыхление подпахотного горизонта обеспечило прибавку урожайности зерна кукурузы 1,8 ц/га (1,9%), что в 1,3 раза меньше по сравнению с этим показателем на фоне отвальной обработки почвы.

При возделывании кукурузы по поздней вспашке и весновспашке без проведения после уборки предшественника лущения стерни урожайность зерна составила соответственно 92,5 и 92,2 ц/га, что ниже по сравнению с общепринятой обработкой почвы на 2,8 и 3,1 ц/га, т.е. на 2,9 и 3,3%. Послеуборочное лущение стерни способствовало некоторому снижению негативного влияния поздней вспашки на урожайность зерна кукурузы. В этом случае указанный выше показатель был равен 93,3 ц/га, т.е. снижался по сравнению с общепринятой обработкой почвы на 2,0 ц/га или на 2,1 %. В то же время необходимо отметить, что урожайность зерна кукурузы при ее возделывании по весновспашке не изменялась под влиянием послеуборочного лущения стерни и этот показатель в указанных выше вариантах находился на одном уровне – 92,1-92,2 ц/га. Наименьшая урожайность зерна кукурузы (91,2 ц/га) была получена в варианте с проведением чизелевания после уборки предшественника и весной. Снижение

указанного выше показателя по сравнению с общепринятой обработкой почвы составило в этом случае 4,1 ц/га или 4,3 %.

Анализ урожайности зерна кукурузы по годам свидетельствует о том, что на протяжении всего периода исследований достоверных различий по этому показателю между общепринятой обработкой почвы, а также изучаемыми способами и сроками проведения этой технологической операции не отмечалось. Учитывая тот факт, что недобор урожайности зерна кукурузы при нарушении оптимальных сроков проведения основной обработки почвы был несущественным и не превышал 2,1-4,3 %, можно считать, что в условиях Центральной зоны Беларуси основную обработку почвы в севообороте в последнюю очередь следует проводить под кукурузу, даже если она возделывается на зерно.

Выводы

1. Мелкая обработка почвы, проводимая бессменно в севообороте в течение длительного времени, снижала урожайность зерна кукурузы, возделываемой после ярового рапса с использованием азота в дозе N_{60+60} , в сравнении с ежегодной отвальной вспашкой в среднем на 3,9 %. При возделывании кукурузы в этих условиях по безотвальной (чизельной) обработке почвы урожайность зерна снижалось по сравнению с ежегодной вспашкой на 2,6 %.

2. Комбинированная обработка почвы, предусматривающая чередование в севообороте через год вспашки и чизелевания, обеспечила урожайность зерна кукурузы лишь на 0,3 % ниже по сравнению с ежегодной вспашкой.

3. Проведение подпочвенного рыхления на глубину 45 см оказало положительное влияние на урожайность зерна кукурузы, увеличив этот показатель при ежегодной вспашке в севообороте на 2,5 %, а ежегодном чизелевании – на 1,9 %.

4. При нарушении оптимальных сроков основной обработки почвы и проведении ее поздно осенью или весной достоверного снижения урожайности зерна кукурузы не отмечалось, и этот показатель был ниже по сравнению со вспашкой проведенной в оптимальные сроки на 2,1-4,3 %.

Литература

1. Булавин, Л.А. Агроэкономические основы ресурсосберегающего и природоохранного земледелия в Беларуси / Л.А. Булавин; А.П. Гвоздов; А.Ч. Скируха. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 216 с.
2. Булавин, Л.А. Ресурсосберегающие природоохранные системы обработки почвы / Л.А. Булавин [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – С. 21–36.
3. Заленский, В.А. Обработка почвы и плодородие / В.А. Заленский, Я.У. Яроцкий. – Минск: Изд-во Беларусь. – 2003. – 539 с.
4. Земледелие: учебник / П.И. Никончик [и др.]; под ред. П.И. Никончика, В.Н. Прокопвича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2014. – 584 с.
5. Кирюшин, В.И. Минимализация обработки почвы: перспективы и противоречия / В.И. Кирюшин // Главный агроном. – 2007. – №6. – С.16–20.

6. *Надточаев, Н.Ф.* Засоренность посевов и урожайность повторной кукурузы под влиянием почвообработок / Н.Ф. Надточаев, М.И. Стрижанова, Ю.Ф. Ивашко, В.И. Киселев // Актуальные проблемы борьбы с сорной растительностью в современном земледелии и пути их решения. – Жодино, 1999. – Т.2. – С. 107–110.

7. *Надточаев, Н.Ф.* Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – С. 61–62.

8. *Самерсов, В.Ф.* Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков / В.Ф. Самерсов [и др.]. – Барановичи, 1998. – С.51–75.

9. *Симченков, Д.Г.* Обработка почвы под кукурузу / Д.Г. Симченков, С.С. Небышинец, И.А. Сушевич // Наше сельское хозяйство: журнал настоящего хозяина. – 2012. – С. 30–34.

10. *Привалов, Ф.И.* Рекомендации по применению минимальной (ресурсосберегающей) обработки почв в Республике Беларусь / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 20 с.

IMPACT OF METHODS AND DATES OF SOIL CULTIVATION ON THE MAIZE GRAIN YIELD

L.A. Bulavin, A.P. Gvozdev, D.G. Simchenkov

The paper deals with the results of the research on the impact of soil cultivation on the maize grain yield under the conditions of the Central zone of Belarus. Minimizing and failure to meet the time for soil cultivation reduced that indicator only by 0.3–4.3 %. The least difference in the maize grain yield in comparison with annual soil ploughing was observed with combined cultivation involving alternation of ploughing and chiseling in crop rotation. Subsoil ploughing to a depth of 45 sm increased the maize grain yield by 2.5 % with annual tillage and by 1.9 % - with annual chiseling.

УДК 633.14«324»:631 [51+559]:632[954+51]

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, БОРОНОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДА НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ

Л.А. Булавин, доктор с.-х. наук, **А.П. Гвоздев**, **Д.Г. Симченков**, кандидаты с.-х. наук, **Л.И. Гвоздова**, **В.Д. Кранцевич**, **М.А. Белановская**, **С.А. Пынников**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 11.03.2021)

Рецензент: Скируха А.Ч., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению зависимости засоренности посевов и урожайности зерна озимой ржи от способов обработки почвы, сроков проведения боронования и применения гербицида. Установлено, что на высококультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве при невысокой естественной засоренности посевов вспашка и чизелевание существенно не различались по влиянию на урожайность зерна этой культуры. Различия по урожайности озимой ржи между оптимальным сроком проведения боронования посевов и химической прополкой составили в этом случае лишь 0,9–1,1 % и являлись недостоверными.

В почвенно-климатических условиях Беларуси одним из основных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур является защита их посевов от сорняков. Обладая высокой жизнеспособностью, они успешно конкурируют с культурными растениями за основные факторы роста (питательные вещества, воду, свет), а также являются резервуарами и промежуточными растениями-хозяевами для ряда вредителей и возбудителей болезней. При высокой засоренности посевов значительно увеличиваются потери урожая при уборке, а семена некоторых видов сорных растений, находясь в убранной продукции, ухудшают ее качество [1]. Считается, что ежегодно из-за засоренности посевов недобор урожая составляет от 10-12 до 25-30 % урожая [6]. По оценке специалистов, потери урожайности от сорняков приближаются к суммарным потерям от болезней и вредителей и уступают лишь потерям от водной и ветровой эрозии [3].

Из всех применяемых в Беларуси пестицидов гербициды по стоимости в последние годы составляют 66,4 % [5, 7]. Это свидетельствует о том, что для экологизации земледелия в условиях республики важнейшее значение имеет рациональное научно обоснованное применение гербицидов. Добиться этого можно лишь в результате применения интегрированной защиты растений, включающей комплекс химических, агротехнических и биологических мероприятий, способствующих более полному использованию природных регулирующих факторов и созданию здоровых высокопродуктивных посевов [7].

В Беларуси большое внимание уделяется возделыванию озимой ржи, площадь которой в 2020 г. составила 364,9 тыс. га или в структуре 6,8 % посевов. Важной особенностью этой культуры является достаточно высокая конкурентоспособность по отношению к сорнякам. Биологический порог вредоносности однолетних двудольных сорных растений в фазу кушения озимой ржи составляет 38-46 шт./м², в то время как у озимого тритикале 24-28 шт./м², а у озимой пшеницы – 12-18 шт./м² [2]. В этой связи актуальным вопросом является оценка эффективности агротехнических и химических приемов защиты посевов озимой ржи от сорняков с целью оптимизации проведения этого агроприема с экономической и экологической точки зрения.

Условия и методика проведения исследований. В 2019-2020 гг. в Смолевичском районе Минской области изучали эффективность проведения боронования и применения гербицидов на посевах озимой ржи. Исследования проводили по общепринятой методике [4] на высококультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,45–2,67 %, P₂O₅ – 303-314 мг/кг, K₂O – 289-301 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,9-6,3). Предшественник озимой ржи – клевер 1 г.п. После уборки предшественника проводили дискование и вносили фосфорные и калийные удобрения (P₆₀K₁₂₀). Озимую рожь возделывали по отвальной вспашке и безотвальной чизельной обработке почвы. Норма высева – 4,0 млн/га всхожих семян. Азотные удобрения вносили в начале активной вегетации растений (N₇₀) и в начале выхода в трубку (N₅₀). Боронование посевов озимой ржи и применение гербицида проводили в соответствии со схемой опыта. Для защиты посевов от болезней в фазу колошения применяли фунгицид Прозаро, КЭ (1,0 л/га). Площадь делянки 36 м². Повторность четырехкратная.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. За осеннюю часть периода вегетации озимой ржи в 2018 г. сумма активных температур превышала норму на 24,1 %, а в 2019 г. – на 40,4 % при количестве атмосферных осадков ниже среднееголетнего уровня соответственно на 12,7 и 0,8 %. За весенне-летнюю часть периода вегетации этой культуры сумма активных температур в 2019 г. была выше нормы на 18,6 %, а в 2020 г. – на 3,6 % при превышении количества атмосферных осадков среднееголетнего уровня соответственно на 11,2 и 48,2 %. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2019 г. составил 1,56, а в 2020 г. – 2,43 при среднееголетнем значении этого показателя для региона, где проводили исследования, 1,67. Это оказало определенное влияние на развитие сорного ценоза в посевах озимой ржи, а также на уровень ее урожайности.

Результаты и их обсуждение. В период проведения исследований посевы озимой ржи имели невысокий уровень естественной засоренности. Преобладающими в сорном ценозе были фиалка трехцветная, ярутка полевая, пастушья сумка, подмаренник цепкий. В среднем за 2019-2020 гг. численность сорняков при возделывании озимой ржи по традиционной отвальной вспашке без проведения боронования и применения гербицидов составила 34 шт./м², а их сырая масса 83,4 г/м². В аналогичном варианте с чизельной обработкой почвы эти показатели были равны соответственно 37 шт./м² и 89,0 г/м², т.е. увеличились на 8,8 и 6,7 %.

Результаты исследований показали, что при бороновании посевов озимой ржи, возделываемой без использования гербицида, гибель сорняков в зависимости от срока проведения этой технологической операции и способа обработки почвы находилась в пределах 29,4-47,1 % при снижении сырой массы на 30,0-45,3 %. Наибольший эффект был получен в варианте, где боронование проводили через 5 дней после посева этой культуры (таблица 1).

Применение на посевах озимой ржи в фазу весеннего кушения гербицида Примадонна, СЭ (0,6 л/га) обеспечило при возделывании этой культуры без боронования гибель сорняков на фоне вспашки 85,3 %, а на фоне чизелевания – 83,8 %. Снижение их сырой массы при этом составило соответственно 93,8 и 93,1 %. При проведении боронования и применении гербицида численность сорняков снижалась на 80,0-83,3 %, а сырая масса на 92,1-93,4 % (таблица 1).

Озимая рожь при возделывании по вспашке и чизелеванию формировала примерно одинаковую урожайность зерна. На безгербицидном фоне и при проведении химической прополки без боронования различия по этому показателю между изучаемыми способами обработки почвы составили в среднем за 2019-2020 гг. лишь 0,1 ц/га (0,2 %) и являлись недостоверными. Урожайность зерна озимой ржи при проведении боронования на безгербицидном фоне увеличивалась на 0,7-1,1 ц/га (1,6-2,6 %), а при использовании гербицида на 0,1-0,3 ц/га (0,2-0,7 %) и была наибольшей при проведении этого агроприема через 5 дней после посева или в фазу весеннего кушения. Достоверная прибавка от боронования была получена лишь в 2019 г. на безгербицидном фоне (таблица 2).

Таблица 1 – Влияние способов обработки почвы, боронования, применения гербицида на засоренность посевов озимой ржи (среднее за 2019-2020 гг.)

Срок боронования	Без гербицидов		Примадонна, СЭ (0,6л/га)	
	Численность сорняков, шт./м ²	Сырая масса сорняков, г/м ²	Численность сорняков, шт./м ²	Сырая масса сорняков, г/м ²
Отвальная обработка почвы				
Без боронования	34	83,4	5	5,2
Боронование через 3 дня после посева	21	50,5	4	3,9
Боронование через 5 дней после посева	18	45,6	3	3,0
Боронование в фазу 2-3 листа культуры	24	58,3	4	4,2
Боронование в фазу кущения осенью	24	57,2	3	3,4
Боронование в фазу кущения весной	24	56,0	3	3,9
Безотвальная обработка почвы				
Без боронования	37	89,0	6	6,1
Боронование через 3 дня после посева	22	55,4	4	4,7
Боронование через 5 дней после посева	20	49,7	4	4,5
Боронование в фазу 2-3 листа культуры	24	62,3	4	4,4
Боронование в фазу кущения осенью	25	60,7	5	4,8
Боронование в фазу кущения весной	25	61,8	4	4,9

При использовании на посевах озимой ржи гербицида Примадонна, СЭ (0,6 л/га) урожайность зерна находилась в пределах 44,2-44,6 ц/га в зависимости от способа обработки почвы и срока проведения боронования. Под влиянием этого гербицида она увеличивалась без боронования на 1,5 ц/га (3,5 %). В вариантах с проведением боронования применение гербицида способствовало увеличению урожайности на 0,7-1,0 ц/га (1,6-2,3 %). Наибольшая урожайность озимой ржи (44,6 ц/га) получена на фоне вспашки с проведением боронования через 5 дней после посева или весной в фазу кущения и внесением гербицида Примадонна, СЭ (0,6 л/га). Максимальная урожайность озимой ржи при ее возделывании без внесения гербицида (43,8 ц/га) получена при проведении боронования через 5 дней после посева или в фазу весеннего кущения. При возделывании этой культуры без боронования с внесением гербицида указанный выше показатель составил 44,2-44,3 ц/га в зависимости от способа обработки почвы, т.е. был выше на 0,4-0,5 ц/га (0,9-1,1 %)

Таблица 2 – Влияние способов обработки почвы, боронования, применения гербицида на урожайность зерна озимой ржи, ц/га

Срок боронования	Без гербицидов			Примадонна, СЭ (0,6л/га)		
	2019 г.	2020 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	среднее
Отвальная обработка почвы						
Без боронования	37,4	48,1	42,8	38,8	49,7	44,3
Боронование через 3 дня после посева	38,4	49,0	43,7	38,9	49,9	44,4
Боронование через 5 дней после посева	38,5	49,1	43,8	39,2	50,0	44,6
Боронование в фазу 2-3 листа культуры	38,3	48,9	43,6	38,9	49,7	44,3
Боронование в фазу кущения осенью	38,2	48,7	43,5	39,0	49,9	44,5
Боронование в фазу кущения весной	38,5	49,0	43,8	39,1	50,0	44,6
Безотвальная обработка почвы						
Без боронования	37,5	47,9	42,7	39,0	49,3	44,2
Боронование через 3 дня после посева	38,4	48,8	43,6	39,2	49,6	44,4
Боронование через 5 дней после посева	38,6	48,9	43,8	39,3	49,7	44,5
Боронование в фазу 2-3 листа культуры	38,5	48,6	43,6	39,2	49,4	44,3
Боронование в фазу кущения осенью	38,5	48,8	43,7	39,2	49,5	44,4
Боронование в фазу кущения весной	38,6	48,9	43,8	39,3	49,6	44,5
НСР ₀₅ (обработка почвы)	0,5	0,8				
НСР ₀₅ (боронование)	0,5	1,2				
НСР ₀₅ (гербицид)	0,7	0,7				
НСР ₀₅ (частные средние)	2,0	2,9				

по сравнению с оптимальным сроком боронования посевов на безгербицидном фоне. Эти различия в период проведения исследований были недостоверными.

Выводы

1. На высококультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве при замене вспашки чизелеванием урожайность зерна озимой ржи, возделываемой без проведения химической прополки или с использованием в фазу кущения весной гербицида Примадонна, СЭ (0,6 л/га), снижалась в среднем на 0,1 ц/га (0,2 %).

2. В сложившихся в осенний период вегетации озимой ржи погодных условиях, которые характеризовались повышенной температурой воздуха и недостаточным выпадением осадков, наибольшую прибавку урожайности обеспечило боронование через 5 дней после посева или в фазу весеннего кущения этой культуры, которая составила на безгербицидном фоне 1,0-1,1 ц/га (2,3-

2,6 %), а при использовании гербицида Примадонна, СЭ (0,6 л/га) 0,3 ц/га (0,7 %) в зависимости от способа основной обработки почвы.

3. Применение в фазу весеннего кушения гербицида Примадонна, СЭ (0,6 л/га) обеспечило прибавку урожайности зерна озимой ржи при ее возделывании без боронования 1,5 ц/га (3,5 %), а с его проведением 0,7-1,0 ц/га (1,6-2,3 %).

4. При возделывании озимой ржи без боронования с внесением гербицида урожайность зерна была выше по сравнению с оптимальным сроком проведения боронования посевов на безгербицидном фоне лишь на 0,4-0,5 ц/га (0,9-1,1 %), что являлось недостоверным.

Литература

1. Баздырев, Г.И. Сорные растения и борьба с ними / Г.И. Баздырев, Б.А. Смирнов. – М., 1986. – 188 с.
2. Биологические (экономические) пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник / под ред. Сорока С.В. – Прилуки, 2018. – С. 26-27.
3. Булавин, Л.А. Агроэкологические аспекты адаптивной интенсификации земледелия / Л.А. Булавин. – Минск: Бел. изд. тов-во Хата, 1999. – 248 с.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 415 с.
5. Сорока, С.В. Анализ применения средств защиты в республике Беларусь / С.В. Сорока, Е.А. Якимович // Земледелие и защита растений. – 2013. – №6. – С. 46-51.
6. Сорока, С.В. Распространенность и вредоносность сорных растений в посевах озимых зерновых культур в Беларуси / С.В. Сорока, Л.И. Сорока // РУП «Ин-т защиты растений». – Минск: Колоград. – 2016. – 114 с.
7. Привалов, Ф.И. О совершенствовании применения пестицидов при возделывании сельскохозяйственных культур / Ф.И. Привалов, С.В. Сорока, Л.А. Булавин // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК: матер. 3-й Межд. науч.-практ. конф. Минск, 9-10 июня 2016 г. / редкол.: Н.Н. Романюк и [др.]. – Минск, БГАТУ, 2016. – С. 373-379.

IMPACT OF SOIL CULTIVATION, HARROWING AND HERBICIDE APPLICATION ON WEED INFESTATION OF CROPS AND WINTER RYE YIELD

L.A. Bulavin, A.P. Gvozdev, D.G. Simchenkov, L.I. Gvozdeva, V.D. Krantsevich, M.A. Belanovskaya, S.A. Pyntikov

The article presents the results of the research on the relation of weed infestation of crops and the yield of winter rye grain to the methods of tillage, dates of harrowing and herbicide application. It was established that on highly cultivated sod-podzolic sandy loam soil with a low natural weed infestation of crops, plowing and chiseling didn't differ significantly with respect to the effect on the grain yield of that crop. The differences in the yield of winter rye between the optimal period of harrowing and chemical weeding in that case amounted to only 0.9-1.1 % and were inaccurate.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА

А.Г. Власов, С.П. Халецкий, кандидаты с.-х. наук

Т.М. Булавина, доктор с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино

(Поступила 22.02.2021)

Рецензент: Булавин Л.А., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния на урожайность овса сорта Мирт способов основной обработки почвы и применения азотных удобрений. Установлено, что засоренность посевов овса перед проведением химической прополки при замене вспашки чизелеванием и дискованием была выше в 1,2 и 1,4 раза соответственно. Гибель сорняков после применения гербицида Прима, СЭ (0,6 л/га) практически не зависела от изучаемых способов основной обработки почвы. Наибольшая урожайность зерна овса получена при его возделывании по вспашке и составила в среднем по изучаемым дозам азота 46,6 ц/га. При замене отвальной обработки чизелеванием этот показатель снижался на 2,4, а дискованием – на 7,9%. Максимальную урожайность зерна овса по вспашке обеспечило внесение азота в дозе N_{90} (47,3 ц/га) и N_{60+30} (48,2 ц/га).

Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса Беларуси является ежегодное производство зерна на уровне 10 млн тонн. Решение ее должно основываться на принципах экологизации систем земледелия, способных обеспечить наибольшую реализацию потенциала продуктивности существующих сортов, а также улучшения качества выращиваемой продукции при снижении производственных затрат.

В последние десятилетия сложилась устойчивая тенденция потепления климата на планете. В этой связи в республике увеличилось количество весенне-летних засух. Неравномерное выпадение осадков как по годам, так и по регионам вынуждает сельхозпроизводителей применять в своих технологиях агроприемы, способствующие рациональному использованию влаги. Это особенно актуально на легких супесчаных почвах, которые характеризуются невысоким уровнем плодородия [11].

Одним из агроприемов, который позволяет снизить дефицит влаги в почве в период вегетации, является минимизация обработки почвы, а, именно, замена традиционной вспашки безотвальной или мелкой обработкой. Это позволяет также экономить энергоресурсы, уменьшить интенсивность эрозионных процессов, а также способствует увеличению содержания гумуса в почве [10, 13].

Необходимо отметить, что при минимизации обработки почвы имеют место и некоторые негативные явления. Прежде всего, это повышение засоренности посевов, в т.ч. и многолетними сорняками, а также накопление в почве фи-

топатогенов, что увеличивает потребность в применении химических средств защиты растений. Минеральные и органические удобрения в этом случае не заделываются на оптимальную глубину. Почва пахотного горизонта переуплотняется, что затрудняет воздухообмен и снижает минерализацию органических соединений, содержащих азот. Все это ухудшает рост и развитие культурных растений, снижая их продуктивность [4, 5, 9, 10, 13].

В условиях Беларуси исследования по изучению эффективности приемов минимизации основной обработки почвы при возделывании овса начаты во второй половине 20-го века. Так, в исследованиях Г.Д. Белова и др. [1, 2] было установлено, что на песчаных почвах, подверженных ветровой эрозии, вспашку под овес целесообразно заменять плоскорезной или чизельной обработкой, а на суглинистой почве склоновых земель плоскорезная и поверхностная (тяжелая дисковая борона) обработки способны заменить вспашку без снижения урожайности зерна. Подобные результаты были получены П.В. Гужевым [6] при применении дискования на легкосуглинистой среднетрофированной почве. При этом отмечалось увеличение засоренности посевов овса многолетними сорняками.

На основании проведенных исследований А.А. Дудук [7] указывает, что вспашку под овес на супесчаной почве можно заменить чизелеванием без снижения урожайности, а при использовании дискования отмечалось ее увеличение на 3,1 ц/га (6,1 %). При этом наибольшая засоренность посевов овса имела место при возделывании его по вспашке, а наименьшее – по дискованию.

По данным Н.Н. Цыбулько и др. [8, 15] урожайность овса на глееватой, сформированной на рыхлых супесях и супесчаной автоморфной почве, при применении безотвальной чизельной обработки уменьшалась незначительно – на 0,7 и 1,1 ц/га (1,7 и 3,4 %) соответственно. В то же время при использовании поверхностной дисковой обработки ее снижение было более существенным и составляло в зависимости от типа почвы 2,5 и 4,3 ц/га (6,0 и 13,1 %).

Анализ указанных выше результатов исследований свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения в почвенно-климатических условиях республики влияния поверхностной (дискование) обработки почвы на урожайность овса и засоренность его посевов. Несомненный интерес представляет также определение оптимального уровня азотного питания растений при использовании безотвальной и поверхностной обработки для компенсации недобора урожайности зерна этой культуры при снижении интенсивности основной обработки.

Материалы и методика исследований. Исследования проводили в 2018-2020 гг. в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: pH (в KCL) – 5,2-6,3, P_2O_5 – 218-248 мг/кг, K_2O – 300-354 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,25-3,0 %. Предшественник овса озимые зерновые, после уборки которых проводили лушение стерни (АДН-4Р). Через две недели при появлении всходов сорняков и падалицы озимых применяли глифосатсодержащие гербициды. После проявления гербицидного эффекта вносили фосфорно-калийные удобрения

(Р₆₀К₁₀₀) и проводили основную обработку почвы в соответствии со схемой опыта, которая включала вспашку на глубину 20 см (ППО-4-40), чизелевание на 18-20 см (КЧ-5,1), дискование на 10-12 см (БДТ-3). Азотные удобрения (карбамид) вносили весной при наступлении физической спелости почвы под предпосевную обработку в дозах N₆₀ и N₉₀, а также в подкормку в фазу кущения культуры N₃₀ в соответствии со схемой. Для посева использовали семенами овса пленчатого сорта *Мирт*, норма высева 5,0 млн/га всхожих семян. Для защиты посевов от сорняков в фазу кущения применяли гербицид Прима, СЭ, СЭ (0,6 л/га), а от болезней в фазу флагового листа вносили фунгицид Рекс Дуо, КС (0,6 л/га). Определение полевой всхожести, выживаемости и сохранности растений овса, влажности почвы пахотного горизонта, засоренности посевов, а также элементов структуры и урожайности зерна проводилось по общепринятым методикам. Статистическая обработка полученных результатов проводилась в программе Statistica 6.0.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что наличие влаги в почве является одним из факторов, определяющих уровень продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси [11]. У овса критический период по отношению к влаге приходится на фазы выхода в трубку, выметывания и цветения [3]. Обеспеченность культуры влагой в этот период способствует повышению эффективности применения средств интенсификации и росту урожайности [12]. Важным критерием влагообеспеченности растений является влажность пахотного горизонта в период вегетации растений.

Влажность почвы по фазам развития овса различалась как по годам исследований, так и в зависимости от вида основной обработки почвы. Наименьшая влагообеспеченность при проведении сева этой культуры отмечалась в 2019 г. В этом случае влажность почвы по вспашке составила 18,0 %, а при проведении чизелевания и дискования она была выше на 1,8 и 1,6 % соответственно. Условия 2018 г. и 2020 г. во время проведения сева овса характеризовались большим увлажнением. В эти годы влажность пахотного горизонта по вспашке составила 20,7 %, замена ее чизелеванием повышала этот показатель на 1,1-1,4 %, а дискованием на 1,2-1,6 % (таблица 1).

Недостаток влаги для роста и развития растений овса в условиях 2018 г. имел место с фазы выхода в трубку по начала цветения, а в 2019 г. – с конца цветения по молочно-восковой спелости зерна.

Наилучшая полевая всхожесть семян и выживаемость растений овса отмечена при посеве этой культуры по вспашке. Так, в среднем за 3 года по вариантам с применением разных доз азота эти показатели составили 84,6 % и 76,2 % соответственно. При замене вспашки на безотвальную чизельную обработку почвы или поверхностную дисковую полевая всхожесть снизилась на 2,4 и 3,2 % соответственно. Выживаемость растений овса к уборке в этих вариантах уменьшилась на 0,9 и 1,8 %, а сохранность растений овса к уборке имела тенденцию к увеличению. Изменение уровня азотного питания растений не оказывало влияния на указанные выше показатели (таблица 2).

**Таблица 1 – Влажность почвы по фазам развития растений овса
в зависимости от способа основной обработки, %**

Фаза развития	2018 г.			2019 г.			2020 г.		
	В	Ч	Д	В	Ч	Д	В	Ч	Д
Посев (сухое зерно)	20,7	21,8	22,3	18,0	19,8	19,6	20,7	22,1	21,9
Всходы (первый лист)	19,5	20,8	20,9	14,9	15,2	15,2	15,7	16,6	16,3
Три листа	18,8	19,7	20,0	14,0	14,4	14,7	25,4	26,8	26,1
Кушение	17,4	17,9	18,1	22,6	23,5	23,7	20,4	21,2	21,2
Выход в трубку (1-й узел)	9,6	9,9	10,1	16,4	17,7	18,1	16,8	17,8	17,7
Флаговый лист	6,1	6,6	7,0	10,0	10,3	10,6	14,2	14,7	15,1
Выметывание	5,9	6,3	6,5	11,9	12,2	12,3	14,8	15,4	15,8
Начало цветения	5,6	5,8	5,9	8,9	9,0	9,1	14,6	15,0	15,4
Конец цветения	15,6	15,9	15,9	5,6	6,4	6,4	18,1	20,0	20,4
Молочно-восковая спелость	20,1	20,1	20,1	7,3	7,4	7,7	20,4	20,7	21,0
Созревание	13,8	14,7	14,9	10,3	10,3	11,0	17,2	17,9	18,6

Примечание: В – вспашка; Ч – чизелевание; Д – дискование.

**Таблица 2 – Полевая всхожесть семян, выживаемость и сохраняемость
растений овса в зависимости от способа основной обработки почвы и
уровня азотного питания растений (среднее за 2018-2020 гг.)**

Доза азота	Полевая всхожесть, %			Выживаемость, %			Сохраняемость, %		
	В	Ч	Д	В	Ч	Д	В	Ч	Д
60	83,4	81,2	80,4	75,7	74,2	73,4	90,7	91,5	91,5
90	84,7	82,0	81,1	76,8	74,8	74,0	90,8	91,3	91,5
60+30 (кушение)	84,7	82,3	81,8	76,4	74,9	74,2	90,2	91,1	90,9
90+30 (кушение)	85,6	83,3	82,3	76,1	75,2	74,3	89,0	90,4	90,5
Среднее	84,6	82,2	81,4	76,2	74,8	74,0	90,2	91,1	91,1

Примечание: В – вспашка; Ч – чизелевание; Д – дискование.

Изучаемые способы основной обработки почвы различались по влиянию на засоренность посевов овса. Так, наименьшая численность сорняков перед проведением химической прополки посевов отмечалась при возделывании этой культуры по вспашке и составила в среднем за 3 года по изучаемым дозам азота 162,9 шт./м². В вариантах с чизелеванием этот показатель был равен 203,2 шт./м², а дискованием – 222,7 шт./м², т.е. увеличился в 1,2 и 1,4 раза соответственно. Через 30 дней после применения гербицида Прима, СЭ (0,6 л/га) численность сорняков по вспашке составила 19,3, чизелеванию – 25,5, дискованию – 29,2 шт./м². Гибель сорняков под влиянием указанного выше гербицида в этих вариантах составила 86,9; 87,5; 88,2 % соответственно, т.е. практически не зависела от способа основной обработки почвы. При этом необходимо отметить, что засоренность посевов овса после проведения химической прополки находилось на уровне или была ниже экономического порога вредоносности, который составляет для этой культуры 23-43 шт./м² [14] (таблица 3).

Следует отметить, что при использовании после уборки предшественника гербицида на основе глифосата в посевах овса произрастали только малолетние сорные растения. Несмотря на высокую общую биологическую эффективность

Таблица 3 – Засоренность посевов овса в зависимости от способа основной обработки почвы (в среднем по всем дозам азота за 2018-2020 гг.), шт./м²

Способ обработки почвы	Перед химпрополкой			30 дней после химпрополки		
	всего	в т.ч.		всего	в т.ч.	
		горцы (виды)	подмаренник цепкий		горцы (виды)	подмаренник цепкий
Вспашка	162,9	13,8	2,9	19,3	6,1	1,6
Чизелевание	203,2	17,8	4,8	25,5	8,0	2,4
Дискование	222,7	20,2	5,2	29,2	9,2	2,8

гербицида Прима, СЭ, снижение численности таких трудноотделимых при послеуборочной доработке зерна сорняков как подмаренник цепкий и виды горца было недостаточным. Их гибель по изучаемым способам обработки почвы изменялась в пределах 54,5-55,8 % и 45,7-50,0 % соответственно. Принимая во внимание, что численность этих сорняков в посевах овса при безотвальной и поверхностной обработке была больше по сравнению со вспашкой как до, так и после проведения химической прополки, то для эффективного их уничтожения при минимизации обработки почвы необходимо применять гербициды с более широким спектром действия. Это будет способствовать увеличению затрат на проведение химической прополки посевов.

Изучаемые факторы оказывали определенное влияние на показатели структуры урожайности овса. Так, количество продуктивных стеблей на 1 м² к уборке при замене вспашки чизелеванием или дискованием в среднем по всем изучаемым дозам азота уменьшилось на 8,2 (1,8 %) и 10,8 шт. (2,4 %) соответственно. При этом число зерен в метелке снизилось на 0,6 (1,6 %) и 1,8 шт. (4,9 %), а масса 1000 зерен на 0,3 (0,8 %) и 1,0 г (2,8 %) соответственно (таблица 4).

Повышение уровня азотного питания растений, как правило, способствовало улучшению элементов структуры урожайности овса. Так, при возделывании этой культуры по вспашке и повышении дозы азота с N₆₀ до N₉₀ число продуктивных стеблей увеличилось в среднем за 3 года на 6,5 шт./м² (1,5 %), по чизелеванию на 7,8 шт./м² (1,8 %), а по дискованию на 8,3 шт./м² (2,0 %). Проведение на этих фонах азотного питания подкормки N₃₀ в фазу кущения увеличивало указанный выше показатель по отвальной обработке на 16,4 и 12,3 шт./м² (3,8 и 2,8 %), по безотвальной – на 17,7 и 13,8 шт./м² (4,2 и 3,2 %), а по поверхностной обработке почвы – на 18,2 и 9,9 шт. (4,3 и 2,3 %).

При повышении предпосевной дозы азота с N₆₀ до N₉₀ и использовании в качестве основной обработки вспашки озерненность метелки овса увеличилась в среднем за 3 года на 1,4 шт. (3,9 %). При замене ее чизелеванием или дискованием значение этого показателя возрастало на 1,2 шт. (3,4 %) и 1,8 шт. (5,3 %) соответственно. Подкормка N₃₀ в фазу кущения увеличивала число зерен в метелке овса по всем изучаемым способам основной обработки почвы только на фоне предпосевного внесения азота N₆₀ на 1,7 шт. (4,7 %), 1,3 шт. (3,7 %) и 2,6 шт. (7,7 %) соответственно. Проведение подкормки N₃₀ на фоне N₉₀, наоборот,

Таблица 4 – Структура урожайности посевов овса в зависимости от способа основной обработки и уровня азотного питания (среднее за 2018-2020 гг.)

Способ обработки почвы	Доза азота	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Число зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г
Вспашка	60	433,8	36,0	36,1
	90	440,3	37,4	36,3
	60+30 (кущение)	450,2	37,7	36,4
	90+30 (кущение)	452,6	37,0	36,6
	среднее	444,2	37,0	36,4
Чизелевание	60	424,2	35,5	36,0
	90	432,0	36,7	36,2
	60+30 (кущение)	441,9	36,8	36,1
	90+30 (кущение)	445,8	36,5	36,2
	среднее	436,0	36,4	36,1
Дискование	60	422,2	33,7	35,0
	90	430,5	35,5	35,4
	60+30 (кущение)	440,4	36,3	35,3
	90+30 (кущение)	440,4	35,2	35,7
	среднее	433,4	35,2	35,4

снизило озерненность метелки в результате полегания посевов по изучаемым способам основной обработки на 0,4 шт. (1,1 %), 0,2 шт. (0,5 %) и 0,3 шт. (0,8 %).

Под влиянием доз азотных удобрений масса 1000 зерен овса по изучаемым способам основной обработки почвы изменялась в меньшей степени, чем другие показатели структуры урожайности. Так, при увеличении дозы предпосевого внесения азота с N₆₀ до N₉₀ этот показатель по вспашке и чизелеванию увеличился на 0,2 г (0,6 %), а по дискованию на 0,4 г (1,1 %). Проведение подкормки N₃₀ на фоне N₆₀₋₉₀ увеличило массу 1000 зерен в этих вариантах на 0,1-0,3 г (0,3-0,8 %).

Наибольшая урожайность зерна овса была сформирована при возделывании этой культуры по вспашке, и в среднем по изучаемым дозам азота она составила 46,6 ц/га. При замене вспашки чизелеванием урожайность снизилась на 1,1 ц/га (2,4 %), а дискованием – на 3,7 ц/га (7,9 %). Изучаемые дозы азота на фоне вспашки и чизелевания существенно не различались по влиянию на урожайность овса, но имели достоверное преимущество по сравнению с их использованием на фоне дискования (таблица 5).

Установлено, что максимальная урожайность зерна овса в среднем за 3 года (47,3-48,2 ц/га) получена по вспашке в вариантах с внесением азота N₉₀ и N₆₀₊₃₀. Аналогичная закономерность отмечена также по чизелеванию и дискованию, где указанные выше показатели составили 46,2-47,2 и 43,7-45,0 ц/га соответственно. Следует отметить, что подкормка азотом в дозе N₃₀ на фоне N₉₀ способствовала росту урожайности зерна овса по всем изучаемым способам

Таблица 5 – Урожайность овса в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня азотного питания растений, ц/га

Способ обработки почвы	Доза азота	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
Вспашка	60	39,1	43,6	51,5	44,7
	90	42,4	46,7	53,0	47,4
	60+30 (кущение)	42,9	47,5	54,3	48,2
	90+30 (кущение)	44,4	48,1	45,7	46,0
	среднее	42,2	46,5	51,1	46,6
Чизелевание	60	37,9	41,7	50,4	43,3
	90	41,3	45,1	52,1	46,2
	60+30 (кущение)	42,0	46,1	53,4	47,2
	90+30 (кущение)	43,7	47,6	44,1	45,1
	среднее	41,2	45,1	50,0	45,5
Дискование	60	35,6	39,8	44,2	39,8
	90	40,4	43,8	47,0	43,7
	60+30 (кущение)	41,4	44,9	48,6	45,0
	90+30 (кущение)	43,3	46,6	39,6	43,2
	среднее	40,2	43,8	44,9	42,9
НСР ₀₅ частных средних		2,44	2,55	2,95	
обработка почвы		1,22	1,27	1,47	
азот		1,41	1,47	1,7	

основной обработки почвы (1,4-2,9 ц/га или 3,0-7,2 %) только в 2018 г. и 2019 г. В то же время в 2020 г. при обильном выпадении осадков дополнительное внесение в фазу кушения азота (N₃₀) привело к полеганию посевов овса, что снизило урожайность в этих вариантах на 7,3-8,0 ц/га или 13,8-15,7 %. Следовательно, подкормка N₃₀ на фоне предпосевного внесения N₉₀ сопряжена с риском снижения урожайности и должна проводиться с учетом влагообеспеченности культуры.

Выводы

1. Наибольшая полевая всхожесть семян (84,6 %) и выживаемость растений овса к уборке (76,2 %) отмечалась при посеве этой культуры по вспашке. При ее замене безотвальной (чизелевание) или поверхностной (дискование) обработкой почвы полевая всхожесть семян снижалась на 2,4 и 3,2 %, а выживаемость растений на 0,9 и 1,8 % соответственно.

2. Засоренность посевов овса перед проведением химической прополки при замене вспашки чизелеванием и дискованием увеличивалась с 162,9 шт./м² до 203,2 и 222,7 шт./м², т.е. в 1,2 и 1,4 раза соответственно. Гибель сорняков после применения гербицида Прима, СЭ (0,6 л/га) практически не зависела от изучаемых способов основной обработки почвы и находилась в пределах 86,9-88,2 %. Численность таких трудноотделимых при послеуборочной доработке зерна и устойчивых к применяемому гербициду сорняков как подмаренник цепкий и виды горца была выше по чизелеванию и дискованию.

3. Способы обработки почвы различались по влиянию на основные элементы структуры урожайности овса. При замене вспашки чизелеванием или дискованием число продуктивных стеблей в среднем по всем изучаемым дозам азота уменьшалось на 8,2 (1,8 %) и 10,8 шт. (2,4 %), число зерен в метелке на 0,6 (1,6 %) и 1,8 шт. (4,9 %), а масса 1000 зерен на 0,3 (0,8 %) и 1,0 г (2,8 %) соответственно.

4. Наибольшая урожайность зерна овса получена при его возделывании по вспашке и составила в среднем по изучаемым дозам азота 46,6 ц/га. При замене вспашки чизелеванием этот показатель снижался на 1,1 ц/га (2,4 %), а дискованием – на 3,7 ц/га (7,9 %). Максимальная урожайность зерна получена по вспашке при внесении азота в дозе N_{90} (47,3 ц/га) и N_{60+30} (48,2 ц/га). При замене вспашки чизелеванием или дискованием применение компенсирующей дозы азота N_{30} было целесообразным лишь при использовании поверхностной обработки почвы и предпосевном внесении N_{60} , т.к. при более высоком уровне азотного питания растений (N_{90}), в условиях избыточного увлажнения дополнительный азот вызывал полегание посевов и снижение урожайности зерна овса.

Литература

1. Белов, Г.Д. Влияние способов обработки почвы и удобрений на урожайность овса на эродированных землях Белоруссии / Г.Д. Белов [и др.] // Бюллетень Всесоюзного ордена трудового красного знамени научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова (ВИУА). – М.: [б. и.], 1988. – №91. – С. 71-74.
2. Белов, Г.Д. Защитная обработка почвы под овес / Г.Д. Белов, М.В. Горошко, Я.А. Расолько // Земледелие и растениеводство в БССР: Сб. науч. тр. / Белорус. НИИ земледелия; [редкол.: В.П. Самсонов (отв. ред.) и др.]. – Минск: Ураджай, 1988. – С. 49-52.
3. Богачков, В.И. Овес в Сибири и на Дальнем Востоке / В.И. Богачков. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 127 с.
4. Булавин, Л.А. Влияние обработки почвы и азотных удобрений на урожайность культур, возделываемых в уплотненном занятом пару / Л.А. Булавин // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 1. – С. 62-67.
5. Булавин, Л.А. Обработка почвы в ресурсосберегающем природоохранном земледелии: аналитический обзор / Л.А. Булавин [и др.]. – Жодино, 2009. – 30 с.
6. Гужев, П.В. Почвозащитные способы основной обработки почвы под овес на склоновых землях БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / П.В. Гужев; Бел. НИИ земледелия. – Жодино, 1990. – 25 с.
7. Дудук, А.А. Зависимость урожайности овса от приемов основной обработки почвы / А.А. Дудук // Пути интенсификации кормопроизводства: сб. науч. тр. / Белорус. с.-х. акад. – Горки: БСХА, 1991. – С. 61-64.
8. Ермоленко, А.В. Экономическая эффективность систем обработки дерново-подзолистых супесчаных почв / А.В. Ермоленко, Н.Н. Цыбулько // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – №3. – С. 18-23.
9. Кадыров, М.А. К вопросу о минимализации обработки почвы в Беларуси / М.А. Кадыров // Наше сельское хозяйство: журнал настоящего хозяина. – 2010. – №3. – С. 4-8.
10. Кирюшин, В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований / В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2013. – №7. – С. 3-6.
11. Клочков, А.В. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур / А.В. Клочков, О.Б. Соломко, О.С. Клочкова // Вестник БГСХА. – 2019. – №2. – С. 101-105.

12. Концевая, М.Ф. Влияние сроков посева, норм высева и агрофонов на урожай овса сорта Кондор : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / М.Ф. Концевая ; Бел. с.-х. акад. – Горки, 1975. – 23 с.

13. Привалов, Ф.И. Обоснование системы обработки почвы в севообороте / Ф.И. Привалов [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2018. – Приложение к №5. – С. 24-27.

14. Халецкий, С.П. Новые сорта овса и технология их возделывания / С.П. Халецкий [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск. : ИВЦ Минфина, 2017. – С. 176–185.

15. Цыбулько, Н.Н. Влияние систем обработки на физические свойства дерново-подзолистых супесчаных почв и урожайность сельскохозяйственных культур / Н.Н. Цыбулько, А.В. Ермоленко, С.С. Лазаревич // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №2. – С. 30-42.

IMPACT OF BASIC SOIL CULTIVATION METHODS AND LEVEL OF NITROGEN NUTRITION ON OATS YIELD

A.G. Vlasov, S.P. Khaletsky, T.M. Bulavina

The paper demonstrates the results of the research on the impact of basic soil cultivation methods and nitrogen fertilizers application on the yield of oats variety Mirt. It was established that when ploughing was changed into chiselling and disk harrowing weed infestation of oats was respectively 1.2 and 1.4 times higher before chemical weeding. After application of the herbicide Prima (0,6 L/ha) weed destruction didn't practically depend on the studied methods of basic soil cultivation. The highest grain yield was obtained when oats was cultivated after ploughing and amounted to, on average, 46.6 dt/ha regarding the studied doses of nitrogen. When ploughing was changed into chiseling that indicator reduced by 2.4 %, and into disk harrowing – by 7.9 %. Nitrogen application in a dose of N_{90} (47.3 dt/ha) and N_{60+30} (48.2 dt/ha) after ploughing provided the highest grain yield of oats.

УДК 633.11«324»:631[531.04+559]

УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКА СЕВА

В.В. Кот, И.В. Сацюк, кандидат с.-х. наук, **С.И. Гордей**, кандидат биол. наук,

А.Ю. Шанбанович, А.Н. Лученок, А.Э. Ардашникова, В.Ю. Трушко

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 27.02.2021)

Рецензент: Холодинский В.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье изложены результаты изучения формирования урожайности озимой пшеницы в зависимости от разных сроков сева в условиях Центральной зоны Беларуси. По результатам исследований установлено, что наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за годы исследований по всем изучаемым сортам была получена при посеве в начале третьей декады сентября и составила 88,5 ц/га. Установлено, что формирование урожайности озимой пшеницы в основном проходит за счет продуктивного стеблестоя, который, в свою очередь, зависит от биологических и морфологиче-

ских особенностей сорта, а также от складывающихся погодных условий во время всего периода вегетации.

Важным агротехническим фактором в технологии возделывания озимой пшеницы является срок сева. Он оказывает слабое влияние на время созревания пшеницы, но значительно влияет на степень кущения, перезимовку, поражение болезнями и вредителями.

Оптимальными сроками сева озимых зерновых культур считаются такие, при которых урожайность возделываемой культуры статистически достоверно не отличается от максимальной, а у растений возделываемых культур ко времени прекращения их осенней вегетации наблюдается 2-4 побега. В последнее время изменилась характеристика теплообеспеченности озимых зерновых культур в течение осенних месяцев вегетации на территории республики, которая играет основополагающую роль при определении оптимальности сроков сева [5].

Материалы и методика исследований. Исследования по изучению сроков сева проводили в 2018-2020 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Предшественник – озимый рапс. Посев проводили с нормой высева 4,0 млн всхожих семян на гектар сеялкой СС-11 по методике двухфакторного полевого опыта методом системных блоков в 3-кратной повторности с учетной площадью делянки 15 м². Гумус (по Тюрину) 2,67-3,23 %, рН (KCl) 5,1-6,0, подвижные формы Р₂O₅ 262-280 мг/кг, обменного К₂O (по Кирсанову) 330-376 мг/кг почвы.

Объектами исследований были три сорта озимой пшеницы (*Августина*, *Амелия*, *Элегия*). Сорта высевали в четыре срока сева: 30 августа, 10 сентября, 20 сентября, 1 октября.

Семена протравливали препаратом Максим Форте, КС в норме 2,0 л/т. Фосфорные и калийные удобрения (Р₆₀К₁₂₀.) во всех вариантах были внесены общим фоном. Также общим фоном внесено N₁₂₅, в т.ч. N₁₅ с осени вместе с фосфорными удобрениями, при возобновлении весенней вегетации N₆₀, в фазу конец кущения – начало выхода в трубку N₅₀.

Посевы озимой пшеницы с осени обрабатывали гербицидом Алистер Гранд, МД (0,7 л/га). Обработку посевов фунгицидом Зантара, КЭ (0,8 л/га) проводили в фазу флагового листа, защиту колоса фунгицидом Прозаро, КЭ (0,8 л/га) в фазу начало цветения.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму, количеству, характеру и периодичности выпадения осадков, что способствовало более объективной оценке изучаемых сортов озимой пшеницы. Наиболее благоприятные условия для формирования урожайности сложились в 2019-2020 гг. В условиях 2018-2019 гг. отмечалось сильное поражение снежной плесенью растений ранних сроков сева. В отдельные периоды весенне-летней вегетации отмечался недостаток влаги.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с помощью пакета программ, вхо-

дящих в состав Microsoft Excel и с использованием компьютерной программы АВ СТАТ.

Результаты исследований и их обсуждение. Осенью 2018 г. полевая всхожесть изучаемых сортов в зависимости от срока сева варьировала от 82 до 92 %. Общая тенденция изменения полевой всхожести в средних значениях выражалась в ее увеличении от первого срока сева (83 %) к третьему (90 %) и приближением ее к самому минимальному значению на четвертом – 82 %. Самые высокие показатели наблюдались при третьем сроке сева. Минимальным значением полевой всхожести характеризовались сорта *Августина* и *Элегия* (80 %) на четвертом сроке сева (таблица 1).

Таблица 1 – **Всхожесть озимой пшеницы в зависимости от срока сева, %**

Срок сева	Сорт			
	Августина	Амелия	Элегия	среднее
2019 г.				
I	82	83	83	83
II	88	84	85	86
III	91	92	88	90
IV	80	86	80	82
<i>Среднее</i>	85	86	84	
2020 г.				
I	87	92	93	91
II	93	92	91	92
III	92	93	92	92
IV	93	92	90	92
<i>Среднее</i>	92	92	92	
Среднее за 2019-2020 гг.				
I	85	88	88	87
II	91	88	88	89
III	92	93	90	91
IV	87	89	85	87
Среднее по сорту	89	89	88	

2019 г.

НСР05 для частных средних 9,9

НСР05 по фактору А (сорт) 3,7

НСР05 по фактору В (срок сева) 3,3

2020 г.

НСР05 для частных средних 4,8

НСР05 по фактору А (сорт) 2,4

НСР05 по фактору В (срок сева) 2,8

Осенью 2020 г. полевая всхожесть на всех изучаемых сортах озимой пшеницы изменялась в пределах 87-93 %. Минимальным показателем был на первом сроке сева у сорта *Августина*. Это обусловлено засушливыми погодными условиями, предшествующими посеву, в частности, сухой почвой, в результате чего посев был произведен на глубину 5 сантиметров. Более высокорослые сорта озимой пшеницы *Элегия* и *Амелия* не отреагировали на сложившиеся условия, полевая всхожесть составила 92-93 %.

Низкорослый сорт *Августина*, имеющий более короткий coleoptile, что генетически обусловлено, снизил полевую всхожесть до 87 %. Следует отметить, что полевая всхожесть при посеве в более поздние сроки благодаря выпавшим осадкам существенно не отличалась и изменялась в пределах наименьшей существенной разницы.

Для формирования высокой урожайности озимой пшеницы большое значение имеет осеннее кушение. Переросшие осенью растения с большой кустистостью менее зимостойки. Сильно развитая надземная масса таких растений более интенсивно расходует запасы питательных веществ на дыхание зимой. При сверххранних сроках сева они могут осенью закончить стадию яровизации и резко снизить способность к закаливанию [2].

В среднем за годы исследований посевы озимой пшеницы первого срока сева (30 августа) перед уходом в зиму имели в среднем 5,9 побегов на растение. Посевы второго срока сева (10 сентября) имели в среднем 3,6 побега, посевы третьего срока сева (20 сентября) – 1,7 побега на растение. В 2019 г. посевы данного срока не достигли стадии кушения. Посевы четвертого срока сева (1 октября) не достигли стадии кушения (таблица 2).

Таблица 2 – Осеннее кушение озимой пшеницы в зависимости от срока сева, побегов на растение

Срок сева	Сорт			
	Августина	Амелия	Элегия	среднее
2019 г.				
I	3,7	4,4	4,3	4,1
II	3,3	2,9	3,1	3,1
III	1,0	1,0	1,0	1,0
IV	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Среднее</i>	2,3	2,3	2,4	
2020 г.				
I	8,4	7,6	7,0	7,7
II	4,9	3,8	3,3	4,0
III	2,6	2,4	2,0	2,3
IV	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>Среднее</i>	4,2	3,7	3,3	
Среднее за 2019-2020 гг.				
I	6,1	6,0	5,7	5,9
II	4,1	3,4	3,2	3,6
III	1,8	1,7	1,5	1,7
IV	1,0	1,0	1,0	1,0
Среднее по сорту	3,3	3,0	2,9	

2020 г.

НСР05 для частных средних 0,52

НСР05 по фактору А (сорт) 0,26

НСР05 по фактору В (срок сева) 0,30

2020 г.

НСР05 для частных средних 0,90

НСР05 по фактору А (сорт) 0,45

НСР05 по фактору В (срок сева) 0,52

Оценка полевой перезимовки проводилась глазомерно по методу визуальной диагностики в процентном соотношении [4]. Полевая перезимовка исследуемых сортов озимой пшеницы в среднем за два года варьировала от 58 до 98 %. Наименьшие показатели полевой перезимовки в среднем по сортам наблюдались на первом сроке сева 2019 г. – 22% (таблица 3). Такой низкий показатель полевой перезимовки обусловлен сильным поражением растений озимой пшеницы снежной плесенью. Это связано с тем, что снег лег на талую почву. На не раскутившихся посевах он соприкасался с почвой, температура растений и почвы быстро снижалась. На раскутившихся посевах между почвой и снегом образовывалось пространство, заполненное массой растений и воздухом с повышенной влажностью. Растения и почва охлаждались медленнее, дыхание растений усиливалось, расход запасных питательных веществ интенсифицировался, что привело к более быстрому истощению растений и развитию снежной плесени. В первый год исследований в среднем по изучаемым сортам поражение снежной плесенью достигало 95 % на первом сроке сева, 70 % – на втором сроке, 60 % и 33 % – на третьем и четвертом сроках сева соответственно. В условиях благоприятной перезимовки второго года исследований (2020 г.), на посевах озимой пшеницы развитие снежной плесени не наблюдалось.

Таблица 3 – Полевая перезимовка озимой пшеницы в зависимости от срока сева, %

Срок сева	Сорт			
	Августина	Амелия	Элегия	среднее
2019 г.				
I	25	20	20	22
II	80	75	80	78
III	100	90	90	93
IV	100	100	100	100
<i>Среднее</i>	76	71	73	
2020 г.				
I	90	90	90	90
II	95	95	95	95
III	95	95	95	95
IV	95	95	95	95
<i>Среднее</i>	94	94	94	
Среднее за 2019-2020 гг.				
I	58	55	55	56
II	88	85	88	87
III	98	93	93	94
IV	98	98	98	98
Среднее по сорту	85	83	84	

Количество сохранившихся растений после перезимовки и их способность к кущению определяют плотность стеблестоя. Не все боковые побеги развиваются до формирования колоса. Большая часть из них, отстающая от главного побега на 2 и более этапа органогенеза, отмирает, не образовав колоса.

В среднем за годы исследований максимальное количество продуктивных стеблей сформировалось на посевах третьего срока сева и составило 543 шт./м². Незначительное снижение продуктивного стеблестоя до 534 шт./м² было на четвертом сроке сева. На первом и втором сроке сева плотность продуктивного стеблестоя была достоверно ниже и составила 357 и 468 продуктивных стеблей на м² соответственно.

Среднее количество продуктивных стеблей на квадратном метре посева за годы исследований было самым высоким у сорта *Августина* и составило 561 шт./м², самый низкий показатель наблюдался у сорта *Амелия* – 409 шт./м² (таблица 4).

Таблица 4 – Продуктивный стеблестой озимой пшеницы в зависимости от срока сева, шт./м²

Срок сева	Сорт			
	Августина	Амелия	Элегия	среднее
2019 г.				
I	202	202	281	228
II	549	321	467	446
III	665	480	571	572
IV	650	425	527	534
<i>Среднее</i>	517	357	462	
2020 г.				
I	592	427	441	487
II	581	452	437	490
III	598	481	462	514
IV	646	485	471	534
<i>Среднее</i>	604	461	453	
Среднее за 2019-2020 гг.				
I	397	315	361	357
II	565	387	452	468
III	632	481	517	543
IV	648	455	499	534
Среднее по сорту	561	409	458	

2019 г.

НСР05 для частных средних 30,9

НСР05 по фактору А (сорт) 15,4

НСР05 по фактору В (срок сева) 17,8

2020 г.

НСР05 для частных средних 45,9

НСР05 по фактору А (сорт) 22,9

НСР05 по фактору В (срок сева) 26,5

Число зерен в колосе озимой пшеницы за годы исследований в зависимости от сорта и срока сева находилась в пределах 31,6 и 51,1 шт. В первый год исследований в среднем по сортам максимальное значение числа зерен в колосе составило на первом сроке сева 43,0 шт., минимальное (36,2 шт.) на четвертом сроке сева (таблица 5).

Таблица 5 – **Число зерен в колосе озимой пшеницы в зависимости от срока сева, шт.**

Срок сева	Сорт			
	Августина	Амелия	Элегия	среднее
2019 г.				
I	38,7	51,1	39,2	43,0
II	34,7	46,9	37,2	39,6
III	34,2	44,8	35,8	38,3
IV	32,1	41,3	35,2	36,2
<i>Среднее</i>	34,9	46,0	36,9	
2020 г.				
I	31,6	40,4	32,6	34,9
II	33,2	40,8	35,4	36,5
III	33,4	40,4	35,5	36,4
IV	34,0	44,2	38,0	38,7
<i>Среднее</i>	33,1	41,5	35,4	
Среднее за 2019-2020 гг.				
I	35,2	45,8	35,9	38,9
II	34,0	43,9	36,3	38,0
III	33,8	42,6	35,7	37,4
IV	33,1	42,8	36,6	37,5
Среднее по сорту	34,0	43,7	36,1	

2019 г.

НСР05 для частных средних 2,14

НСР05 по фактору А (сорт) 1,07

НСР05 по фактору В (срок сева) 1,24

2020 г.

НСР05 для частных средних 2,73

НСР05 по фактору А (сорт) 1,36

НСР05 по фактору В (срок сева) 1,57

Результаты второго года исследований показали обратную тенденцию увеличения числа зерен в колосе: на первом сроке сева наблюдалось минимальное значение данного признака – 34,9 шт., тогда как на четвертом сроке сева число зерен в колосе было максимальным – 38,7 шт.

Количество зерен в колосе различалось по сортам. Максимальным этот показатель был у сорта *Амелия* и составил в среднем 43,7 шт., у сорта *Элегия* – 36,1 шт., сорта *Августина* – 34,0 шт.

По годам исследований не наблюдалось одинаковой тенденции снижения массы 1000 зерен в связи различными погодными условиями. Отмечено, что в 2019 г. происходило снижение массы зерна от первого срока сева (52,7 г) к четвертому (42,3 г). В 2020 г., наоборот, масса 1000 зерен увеличивалась от первого срока сева (43,1 г) к четвертому (46,3 г) (таблица 6).

Максимальное значение массы 1000 зерен на всех сроках сева в среднем за годы исследований имел сорт *Амелия* – 48,4 г, минимальное – сорт *Августина* (44,5 г).

Урожайность зерна озимой пшеницы изучаемых сортов в среднем за годы исследований варьировала от 56,9 до 96,8 ц/га. Наименьшая урожайность зерна в среднем за два года была на первом сроке сева – 60,8 ц/га, максимальная – 88,5 ц/га на третьем сроке сева. Максимальную урожайность за два года изуче-

Таблица 6 – **Масса тысячи зерен озимой пшеницы в зависимости от срока сева, г**

Срок сева	Сорт			
	Августина	Амелия	Элегия	среднее
2019 г.				
I	53,1	55,8	49,2	52,7
II	48,4	52,8	49,3	50,2
III	41,7	51,6	46,1	46,5
IV	37,3	46,6	42,9	42,3
<i>Среднее</i>	45,1	51,7	46,9	
2020 г.				
I	43,5	43,2	42,5	43,1
II	43,5	44,6	42,6	43,6
III	43,4	45,3	43,5	44,0
IV	45,0	47,6	46,2	46,3
<i>Среднее</i>	43,9	45,2	43,7	
Среднее за 2019-2020 гг.				
I	48,3	49,5	45,9	47,9
II	46,0	48,7	46,0	46,9
III	42,6	48,5	44,8	45,2
IV	41,2	47,1	44,6	44,3
Среднее по сор- ту	44,5	48,4	45,3	

2019 г.

НСР05 для частных средних 3,32

НСР05 по фактору А (сорт) 1,66

НСР05 по фактору В (срок сева) 1,99

2020 г.

НСР05 для частных средних 1,01

НСР05 по фактору А (сорт) 0,50

НСР05 по фактору В (срок сева) 0,58

ния показал сорт *Амелия*, урожайность которого в среднем составила 82,8 ц/га, что на 10,4 ц/га превысило сорт *Элегия* и на 2,3 ц/га сорт *Августина* (таблица 7).

Теснота корреляционной связи определялась по коэффициенту корреляции (r) [3]. Проведенный корреляционный анализ показал, что урожайность озимой пшеницы сортов *Августина*, *Амелия* и *Элегия* в основном зависела от плотности продуктивного стеблестоя: коэффициенты корреляции (r) составили 0,90, 0,86 и 0,84 соответственно (таблица 8). Стоит отметить, что плотность продуктивного стеблестоя значительно отличалась в зависимости от сортовых особенностей озимой пшеницы. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что плотность продуктивного стеблестоя озимой пшеницы формировалась исходя из биологических и морфологических особенностей сорта с учетом складывающихся погодных условий во время всего периода вегетации.

Влияние количества зерен в колосе и массы 1000 зерен на урожайность зерна слабо выражена и имела слабо или средне отрицательный коэффициент корреляции, а у сорта *Элегия* такая зависимость практически отсутствовала. Это еще раз доказывает, что формирование урожайности озимой пшеницы в основном проходит за счет продуктивного стеблестоя.

**Таблица 7 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости
от срока сева, ц/га**

Срок сева	Сорт			
	Августина	Амелия	Элегия	среднее
2019 г.				
I	40,0	55,0	52,7	49,2
II	88,4	75,1	81,8	81,8
III	89,9	105,6	89,7	95,1
IV	74,6	79,8	74,2	76,2
<i>Среднее</i>	73,2	78,9	74,6	
2020 г.				
I	81,4	74,5	61,0	72,3
II	84,0	82,0	66,0	77,3
III	86,6	88,0	71,1	81,9
IV	98,8	102,2	82,9	94,6
<i>Среднее</i>	87,7	86,7	70,2	
Среднее за 2019-2020 гг.				
I	60,7	64,8	56,9	60,8
II	86,2	78,6	73,9	79,5
III	88,3	96,8	80,4	88,5
IV	86,7	91,0	78,6	85,4
Среднее по сор- ту	80,5	82,8	72,4	

2019 г.

НСР05 для частных средних 7,83

НСР05 по фактору А (сорт) 3,92

НСР05 по фактору В (срок сева) 4,52

2020 г.

НСР05 для частных средних 4,23

НСР05 по фактору А (сорт) 2,11

НСР05 по фактору В (срок сева) 2,44

Значительное изреживание посевов после перезимовки только в определенной мере компенсируется за счет увеличения количества зерен в колосе и массы 1000 зерен.

Вместе с тем, наши расчеты показывают, что избыточное осеннее кушение негативно сказывается на урожайности зерна озимой пшеницы (коэффициент корреляции между урожайностью и осенним кушением в зависимости от сорта составил от -0,19 до -0,72). Такие посевы сильнее повреждаются в зимний период, либо у них более активно проходит сброс продуктивных стеблей в весенне-летний период.

Также следует обратить внимание на то, что если сорт озимой пшеницы Августина практически одинаково реагировал на изменение условий года и срока сева (коэффициент корреляции составил соответственно 0,44 и 0,54), то сорта Амелия и Элегия более остро реагировали на срок сева (г соответственно составил 0,72 и 0,69) чем на условия года (г соответственно 0,26 и 0,19).

Установленные коэффициенты корреляции (связи) присущи только данному опыту, расширение диапазона изменчивости признака(ов) может привести к ослаблению или усилению корреляционных связей.

**Таблица 8 – Корреляционные связи показателей продуктивности
в зависимости от сортового состава озимой пшеницы**

Показатель	Условия года	Срок сева	Урожайность, ц/га	Осеннее кущение, побегов на растении	Количество зерен в колосе, шт.	Продуктивный стеблевой шт./м ²
Августина						
Урожайность, ц/га	0,44	0,54	1			
Осеннее кущение, побегов на растении	0,42	0,82	-0,19	1		
Количество зерен в колосе, шт.	0,46	0,36	-0,67	-0,19	1	
Продуктивный стеблевой шт./м ²	0,31	0,65	0,90	-0,23	-0,86	1
Масса 1000 зерен, г	0,15	0,64	-0,52	0,23	0,85	-0,84
Амелия						
Урожайность, ц/га	0,26	0,72	1			
Осеннее кущение, побегов на растении	0,32	0,88	-0,62	1		
Количество зерен в колосе, шт.	0,64	0,32	-0,41	-0,06	1	
Продуктивный стеблевой шт./м ²	0,56	0,62	0,86	-0,34	-0,81	1
Масса 1000 зерен, г	0,78	0,20	-0,29	-0,23	0,96	-0,73
Элегия						
Урожайность, ц/га	0,19	0,69	1			
Осеннее кущение, побегов на растении	0,25	0,89	-0,72	1		
Количество зерен в колосе, шт.	0,39	0,09	0,04	-0,37	1	
Продуктивный стеблевой шт./м ²	0,06	0,68	0,84	-0,57	-0,45	1
Масса 1000 зерен, г	0,60	0,21	0,13	-0,08	0,82	-0,37

Заклучение

Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за период исследований по всем изучаемым сортам была получена на третьем сроке сева (начало третьей декады сентября) и составила 88,5 ц/га. Установлено, что формирование урожайности озимой пшеницы в основном проходит за счет продуктивного стеблестоя, а она, в свою очередь, зависит из биологических и морфологических особенностей сорта с учетом складывающихся погодных условий во время всей вегетации. Формирование урожайности при сильном изреживании посевов после перезимовки компенсируется за счет увеличения количества зерен в колосе и массы 1000 зерен незначительно.

Литература

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. // Учебник для студентов высших с.-х. учебных заведений. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 346 с.
2. Ковтун, И.И. Оптимизация условий возделывания озимой пшеницы по интенсивной технологии / И. И. Ковтун, Н. И. Гойса, Б. А. Митрофанов; Под ред. И. И. Гаруса. - Л. : Гидрометеиздат, 1990. - 287 с.
3. Сацюк, И.В. Результаты изучения показателей качества зерна, муки и их сопряжённой изменчивости при разных условиях возделывания озимой пшеницы / И.В. Сацюк, С.И. Гордей, В.В. Кот, А.Ю. Шанбанович, В.Н. Войтова // Земледелие и селекция в Беларуси, сборник научных трудов. – 2019 г. – № 55. – С.126-132.
4. Привалов, Ф.И. Широкий унифицированный классификатор Беларуси Triticum L./ Ф.И. Привалов, С.И. Гриб, В.Н. Буштевич, И.С. Матыс [и др.] // РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2011 – 48 с.
5. Технология выращивания озимых культур в осенний период [Электронный ресурс] / Мин. сельск. хоз. и продовольствия Респ. Беларусь. – 2019. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/information/materials/zem/agriculture/fed542f8df585be6.html>. – Дата доступа: 01.03.2021

WINTER WHEAT YIELD IN RELATION TO SOWING DATES

V.V. Kot, I.V. Satsyuk, S.I. Gordei, A.Yu. Shanbanovich, A.N. Luchenok, A.E. Ardashnikova,
V.Yu. Trushko

The article demonstrates the results of the study of winter wheat yield formation in relation to different sowing dates under the conditions of the central zone of Belarus. In accordance with the findings it's established that the highest winter wheat grain yield regarding all the studied varieties is obtained with sowing at the beginning of the third ten day period and amounted to 88,5 dt/ha, on average for the research years. It's established that winter wheat yield is mainly formed due productive crop stand, which in its turn depends on biological and morphological peculiarities of a variety as well as on weather conditions during the whole vegetation period.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ ОВСА ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СРОКОВ СЕВА И НОРМ ВЫСЕВА СЕМЯН

А.Г. Власов, С.П. Халецкий, кандидаты с.-х. наук

Т.М. Булавина, доктор с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино

(Поступила 16.02.2021)

Рецензент: Холодинский В.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению зависимости продуктивности посевов овса от сроков сева и норм высева семян. Установлено, что наибольшая полевая всхожесть семян (89,7%) и выживаемость растений к уборке (74,2%) отмечалась при посеве этой культуры в ранний срок при наступлении физической спелости почвы. Максимальный фотосинтетический потенциал посевов овса (2234 тыс.м²/га) формировался при раннем сроке сева с нормой высева 4,5 млн/га всхожих семян. Сроки сева и нормы высева семян оказывали влияние на элементы структуры урожайности овса, изменение которых под их влиянием располагалось в следующей убывающей последовательности: число продуктивных стеблей (28,5%), число зерен в метелке (16,5%), масса 1000 зерен (5,8%). Для получения максимальной урожайности зерна (60,3-61,1 ц/га) овес следует высевать в ранний срок при наступлении физической спелости почвы с нормой высева 4,0-4,5 млн/га. При посеве через 7 дней после раннего срока для получения примерно такого же уровня урожайности норму высева необходимо увеличить до 5,0-5,5 млн/га. Запоздывание с посевом на 14 дней не позволяет компенсировать недобор урожайности овса от нарушения оптимального срока сева за счет увеличения нормы высева семян.

Обеспечение продовольственной безопасности Беларуси и получение необходимых для этого 10 млн тонн зерна возможно, прежде всего, на принципах программирования урожайности по созданию высокопродуктивных посевов, основы которого разработаны И.С. Шатиловым, М.С. Савицким, Н.А. Ламаном, Н.Н. Семененко и др. [9, 14, 15, 17].

При формировании высокой продуктивности зерновых культур основными биологическими элементами, определяющими ее уровень, являются количество продуктивных стеблей на единице площади, число зерен в колосе (метелке) и масса 1000 зерен. Считается, что до 50 % всех колебаний урожайности приходится на изменение плотности продуктивного стеблестоя, а остальные 50 % варьирований в равных долях составляют число зерен в колосе (метелке) и масса 1000 зерен [2, 7, 8, 15]. Поэтому при интенсификации технологии возделывания зерновых культур наибольшего внимания требуют агроприемы, оказывающие непосредственное влияние на эти элементы структуры урожайности. Среди них особое внимание следует уделить срокам сева и нормам высева семян.

Овес – культура раннего срока сева и при посеве в более поздние сроки снижает урожайность. Это обусловлено высокой потребностью во влаге для прорастания семян и полноценного развития узловых корней [1, 3]. Важное значение также имеет соотношение длины дня и температуры с этапами органогенеза овса. В своих исследованиях Н.А. Ламан [9] установил, что совокупность процессов формирования роста корней, листьев и побегов ограничена временными рамками. Для яровых зерновых в условиях Беларуси это период с третьей декады апреля по третью декаду мая. Запоздывание с севом сокращает благоприятный период, в таких посевах растения ускоряют свое развитие, в результате чего не удается сформировать необходимую плотность продуктивного стеблестоя и число колосков в колосе или метелке.

Изучением закономерностей формирования урожайности овса при разных сроках сева в Беларуси занимались М.Ф. Концевая (1972-1974 гг.), а также в В.П. Молчан и А.Е. Осин (1982-1984 гг.). По данным М.Ф. Концевой [5], посев овса сорта *Кондор* на дерново-подзолистой пылевато-суглинистой почве в условиях северо-восточной части республики на 10 дней позже оптимального срока снижал урожайность зерна на 3,1-4,3 ц/га (8,2-9,3 %) в зависимости от уровня минерального питания. В исследованиях В.П. Молчана и А.Е. Осина [10] было установлено, что на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в центральной части республики при возделывании овса сорта *Эрбграф* запоздывание со сроком сева на 6 дней снижало урожайность зерна на 1,7-4,4 ц/га (4,3-10,6 %), а на 12 дней на 8,0-13,3 ц/га (20,2-31,9 %) в зависимости от погодных условий в период вегетации растений.

Оптимальная норма высева семян овса имеет важное значение при формировании продуктивного стеблестоя. Она зависит от региона возделывания, погодных условий во время посева, сортовых особенностей, а также срока сева и целевого назначения выращиваемой продукции. По данным многочисленных исследований норма высева семян овса может изменяться в зависимости от указанных выше факторов в широких пределах – от 3 до 8 млн/га всхожих семян [1, 3, 4, 16].

Интенсификация производства растениеводческой продукции требует использования более продуктивных сортов овса и проведения исследований по оптимизации норм высева семян. В 60-80-е годы прошлого века в почвенно-климатических условиях Беларуси оптимальная норма высева этой культуры варьировала от 5,0 до 8,0 млн/га всхожих семян в зависимости от сорта и агрофона [4, 5, 12]. С созданием отечественного сорта овса интенсивного типа *Буг* и районированием сорта *Эрбграф*, созданного в Германии, оптимальные нормы высева снизились до 4,5-5,5 млн/га всхожих семян [6, 11].

Следует отметить, что исследования по изучению взаимосвязи срока сева и нормы высева семян овса в Беларуси проводились только в 80-х годах прошлого века на сорте *Эрбграф* [10]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптимальная норма высева при раннем сроке сева составляла 5,0 млн/га всхожих семян, при запоздывании с севом этой культуры на 6-12 дней для предотвращения снижения урожайности норму высева следует увеличить до

6,0 млн/га. В последующем таких исследований в республике не проводилось. В связи с тем, что сортовой состав овса в настоящее время существенно изменился необходимо уточнение ранее установленных закономерностей, а также изучение возможности компенсации недобора зерна при позднем сроке сева за счет увеличения нормы высева.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в 2017-2019 гг. в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,31-2,95 %, подвижные формы P_2O_5 – 213-230 мг/кг, K_2O – 268-310 мг/кг почвы, pH (в KCL) – 5,4-5,8). Предшественник овса – озимая пшеница. Минеральные удобрения $P_{60}K_{100}$ вносили под зяблевую вспашку. Весной при наступлении физической спелости почвы под предпосевную обработку вносили азотное удобрение карбамид (N_{90}). Норма высева семян овса пленчатого сорта *Фристайл* составляла 4,0, 4,5, 5,0 5,5, 6,0 млн/га всхожих семян. Посев проводили в три срока: ранний при наступлении физической спелости почвы и через 7 и 14 дней после раннего срока. Уход за посевами овса проводили в соответствии с отраслевым регламентом возделывания этой культуры. Определение полевой всхожести, выживаемости и сохраняемости растений овса к уборке, влажности почвы пахотного горизонта, а также элементов структуры и урожайности зерна проводили по общепринятым методикам. Площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал посевов овса определяли согласно методическим указаниям А.А. Ничипоровича [13]. Статистическая обработка полученных результатов проводилась в программе Statistica 6.0.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что критический период овса по отношению к влаге приходится на фазы выхода в трубку, выметывание и цветение [3]. Обеспечение культуры влагой в этот период способствует повышению эффективности применения средств интенсификации и росту урожайности [5]. Поэтому влажность почвы является важным критерием для оценки влагообеспеченности растений в период вегетации.

Влажность почвы по фазам развития овса изменялась в зависимости от срока сева и погодных условий в годы исследований. Наиболее засушливым был 2018 г., когда недостаток весенней влаги к моменту созревания почвы при раннем севе (17,9 %) был более значимым для культуры, чем при посеве на 14 дней позже этого срока (16,1 %). В дальнейшем недостаточное увлажнение почвы при раннем сроке сева отмечалось в течение всего критического периода по отношению к влаге. Ее недостаток в 2017 г. имел место при раннем севе и через 7 дней после него с фазы флагового листа по выметывание. При позднем сроке сева в этом году отмечался дефицит влаги в почве в фазу флагового листа овса. В 2019 г. недостаточное увлажнение почвы было при посеве культуры через 7 и 14 дней после наступления физической спелости почвы – с фазы флагового листа по молочно-восковую спелость (8,8-4,0 %) и с фазы выметывания по молочно-восковую спелость зерна (8,4-3,8 %) соответственно (таблица 1).

**Таблица 1 – Влажность почвы по фазам развития растений овса
в зависимости от срока сева, %**

Фаза развития	Ранний срок сева			Через 7 дней			Через 14 дней		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Посев (сухое зерно)	22,6	17,9	22,2	24,5	18,9	20,2	27,9	16,1	18,0
Всходы (первый лист)	26,5	16,7	16,6	23,8	15,1	16,0	22,2	11,0	15,3
Три листа	22,2	11,0	14,0	20,6	10,3	13,6	19,7	6,8	24,8
Кущение	19,7	10,3	24,8	17,9	8,3	22,7	14,4	7,2	20,6
Выход в трубку (1-й узел)	12,8	7,2	20,6	10,1	6,8	17,5	12,5	5,5	16,4
Флаговый лист	8,3	3,5	9,4	7,3	3,4	8,3	6,6	3,4	11,4
Выметывание	9,1	3,4	11,4	9,1	3,4	8,8	10,9	13,4	6,9
Начало цветения	12,1	3,4	8,8	12,1	13,4	6,9	8,5	10,1	3,8
Конец цветения	7,4	13,4	6,9	7,4	10,1	4,0	12,3	8,8	6,3
Молочно-восковая спелость	19,6	16,3	7,1	19,6	15,9	7,2	20,1	14,7	8,4
Созревание	18,1	9,8	9,8	18,1	7,0	9,8	18,1	6,1	11,5

Наибольшая полевая всхожесть семян и выживаемость растений овса отмечались при посеве этой культуры в ранний срок. В среднем за 3 года по вариантам с использованием разных норм высева эти показатели составили 89,7 и 74,2 % соответственно. Сев, проведенный позже на 7 и 14 дней после раннего срока, приводил к снижению полевой всхожести семян на 12,5 и 12,3 %. Выживаемость растений при этом уменьшалась на 5,7 и 6,7 % соответственно. Следует отметить, что сохраняемость растений овса при раннем севе была более низкой (82,8 %), чем при севе через 7 (88,9 %) и 14 дней (87,6 %). Это связано с тем, что семена овса, попадая в почву при наступлении ее физической спелости, в большей степени подвержены семенным инфекциям в условиях пониженных весенних температур.

Повышение нормы высева семян в изучаемом диапазоне не оказывало существенного влияния на полевую всхожесть. Однако выживаемость и сохраняемость растений овса к уборке с увеличением этого показателя снижались, что связано с повышением конкуренции растений в результате уменьшения площади питания. Так, при раннем севе с увеличением нормы высева с 4,0 до 6,0 млн/га всхожих семян выживаемость уменьшилась с 80,8 % до 68,3 % или на 12,5 %. Проведение сева через 7 и 14 дней после наступления физической спелости почвы снижало этот показатель на 9,8 и 5,4 % соответственно. Сохраняемость растений овса к уборке по срокам сева также уменьшалась с увеличением нормы высева семян на 12,9, 13,5 и 4,1 % соответственно (таблица 2).

Сроки сева оказывали влияние на величину листового аппарата растений овса. Максимальная площадь листьев формировалась в посевах раннего срока сева в фазу флагового листа и составила в среднем за 3 года 51,8 тыс.м²/га. При

Таблица 2 – Полевая всхожесть семян, выживаемость и сохраняемость растений овса в зависимости от срока сева и нормы высева (среднее за 2017-2019 гг.)

Норма высева, млн/га	Полевая всхожесть, %			Выживаемость, %			Сохраняемость, %		
	ранний	через 7 дней	через 14 дней	ранний	через 7 дней	через 14 дней	ранний	через 7 дней	через 14 дней
4,0	90,5	77,0	79,2	80,8	73,2	70,3	89,4	95,1	89,2
4,5	90,4	77,5	77,0	77,3	71,9	68,3	85,6	92,9	89,0
5,0	88,0	76,5	77,1	73,2	67,5	67,9	83,4	88,2	88,6
5,5	90,1	77,0	77,3	71,4	66,4	66,3	79,3	86,5	85,9
6,0	89,4	77,9	76,6	68,3	63,4	64,9	76,5	81,6	85,1
Среднее	89,7	77,2	77,4	74,2	68,5	67,5	82,8	88,9	87,6

севе культуры через 7 и 14 дней после этого срока наибольшая листовая поверхность формировалась в фазу выметывания (42,0 тыс.м²/га) и флагового листа (40,3 тыс.м²/га). Эти различия связаны с конкурентными отношениями между растениями в самом посеве, в результате чего с разной скоростью происходил процесс отмирания побегов кущения в период вегетации, а также нижних затененных листьев (рисунок 1).

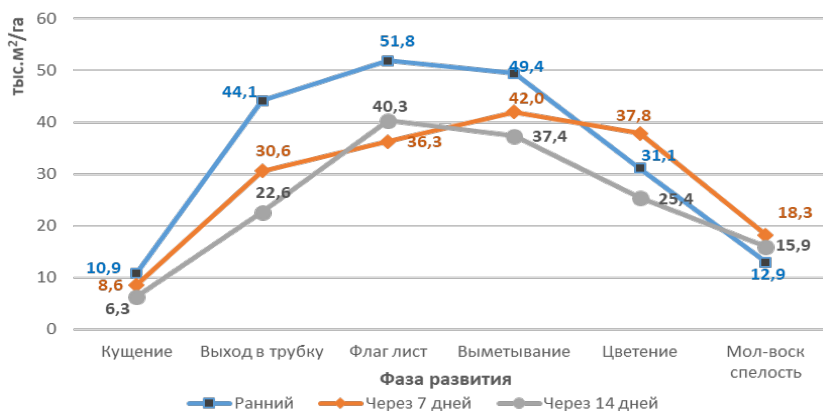


Рисунок 1 – Динамика формирования листовой поверхности посевом овса в зависимости от срока сева при норме высева 5,0 млн/га (среднее за 2017-2019 гг.)

Отмечены особенности в динамике формирования площади листовой поверхности овса по фазам развития в зависимости от нормы высева семян, для анализа представлены нормы высева 4,0, 5,0 и 6,0 млн/га при раннем сроке сева (рисунок 2).

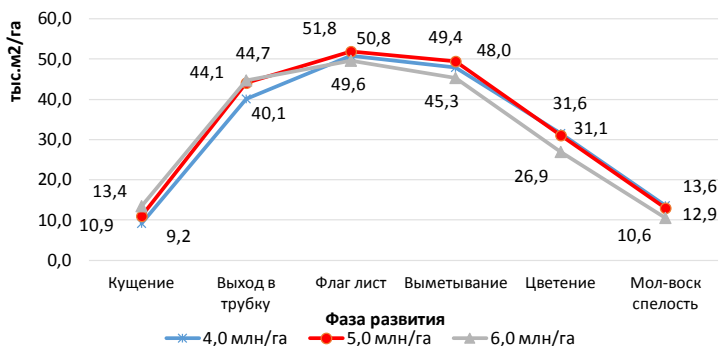


Рисунок 2 – Динамика формирования листовой поверхности посевом овса в зависимости от нормы высева семян при раннем сроке сева (среднее за 2017-2019 гг.)

Установлено, что площадь листовой поверхности посевов овса в фазу кущения изменялась в зависимости от нормы высева, и составила в среднем за 3 года при 4,0; 5,0; 6,0 млн/га всхожих семян соответственно 9,2; 10,9; 13,4 тыс.м²/га. В фазу выхода в трубку этот показатель при норме 5,0 и 6,0 млн/га находился практически на одном уровне – 44,1-44,7 тыс.м²/га, превышая норму высева 4,0 млн/га на 4,0-4,6 тыс.м²/га, т.е. на 9,1-10,3 %. При максимальном развитии листовой поверхности в фазу флагового листа наибольшая площадь листьев (51,8 тыс.м²/га) сформировалась при норме высева 5,0 млн/га всхожих семян, а наименьшая при посеве 6,0 млн/га (49,6 тыс.м²/га), различия по этому показателю составили 4,2 %. Норма высева 4,0 млн/га в этом случае имела промежуточное значение по указанному выше показателю.

В фазу выметывания при общем уменьшении листовой поверхности посевов овса отмеченные выше закономерности изменились в сторону большего снижения площади листьев при норме высева 6,0 млн/га по сравнению с 5,0 млн/га всхожих семян. Различие между ними составило 4,1 тыс.м²/га или 8,3 %. В фазу цветения посевы овса с нормой высева семян 4,0 и 5,0 млн/га по этому показателю практически не различались (31,6 и 31,1 тыс.м²/га), в то время как при норме высева 6,0 млн/га он снизился на 4,7 и 4,2 тыс.м²/га (на 14,9 и 13,5 %) соответственно. К фазе молочно-восковой спелости зерна листовая поверхность по изучаемым нормам высева снизилась до 10,6-13,6 тыс.м²/га и была наибольшей при 4,0 млн/га.

Из вышеизложенного следует, что использование повышенной нормы высева (6,0 млн/га) позволяет на начальном этапе фаз развития растений овса сформировать наибольшую листовую поверхность, но не дает возможности при раннем сроке сева достичь максимального значения этого показателя в фазу

флагового листа. В дальнейшем из-за конкурентных отношений в агроценозе листовой аппарат в загущенных посевах уменьшается в большей степени.

В более полной степени конкурентные отношения растений при разных нормах высева семян овса и сроках сева отражаются в изменении фотосинтетического потенциала посева за период вегетации (рисунок 3).

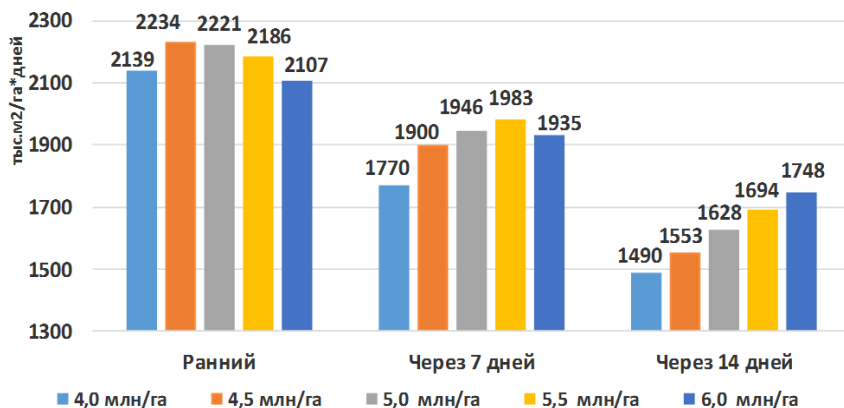


Рисунок 3 – Фотосинтетический потенциал посевов овса в зависимости от нормы высева семян и срока сева (среднее за 2017-2019 гг.)

Установлено, что при раннем сроке сева овса наибольший фотосинтетический потенциал (2234 тыс. м²/га) сформировался при норме высева 4,5 млн/га всхожих семян. При проведении этой технологической операция через 7 дней максимальное значение указанного выше показателя отмечалось при норме высева 5,5 млн/га (1983 тыс.м²/га). При запаздывании с севом на 14 дней относительно раннего срока наибольшее фотосинтетического потенциала (1748 тыс.м²/га) имело место при использовании повышенной нормы высева (6,0 млн/га).

Изучаемые факторы оказывали влияние на показатели структуры урожайности овса. Так, количество продуктивных стеблей в среднем за 3 года изменялась по вариантам опыта в пределах 357,3-459,3 шт./м², т.е. различия по этому показателю между изучаемыми вариантами составили 102,0 шт./м² (28,5 %). Запаздывание с севом на 7 и 14 дней уменьшило по сравнению с ранним сроком количество продуктивных стеблей на 1 м² к уборке в среднем по всем изучаемым нормам высева на 26,8 шт. (6,2%) и 20,4 шт. (4,7%) соответственно. Независимо от срока сева наибольшее число продуктивных стеблей формировалось при норме высева семян 6,0, а наименьшее – 4,0 млн/га (таблица 3).

Озерненность метелки овса изменялась в зависимости от сроков сева и норм высева семян. При севе в поздние сроки этот показатель снижался. Так, уменьшение числа зерен в метелке при севе через 7 дней после раннего срока в среднем по изучаемым нормам высева семян составило 0,7 шт. (1,4 %), а через 14 дней – 4,6 шт. (8,9 %). С увеличением нормы высева с 4,0 до 6,0 млн/га от-

Таблица 3 – Структура урожайности овса зависимости от сроков сева и норм высева семян (среднее за 2017-2019 гг.)

Показатель	Срок сева	Норма высева, млн/га					
		4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	среднее
Число продуктивных стеблей, шт./м ²	ранний	416,0	426,0	432,7	438,0	449,3	432,4
	через 7 дней	374,7	390,7	405,3	421,3	436,0	405,6
	через 14 дней	357,3	388,0	414,7	440,7	459,3	412,0
	среднее	382,7	401,6	417,6	433,3	448,2	416,7
Число зерен в метелке, шт.	ранний	54,5	54,1	52,0	49,7	48,4	51,7
	через 7 дней	52,7	52,1	51,4	50,6	48,3	51,0
	через 14 дней	48,4	48,4	47,5	45,9	45,5	47,1
	среднее	51,9	51,5	50,3	48,7	47,4	50,0
Масса 1000 зерен, г	ранний	34,4	34,2	33,9	33,6	33,5	33,9
	через 7 дней	34,2	33,9	33,4	33,2	33,1	33,6
	через 14 дней	32,7	33,0	32,7	32,4	32,7	32,7
	среднее	33,8	33,7	33,3	33,1	33,1	33,4

мечалось снижение озерненности метелки. При раннем сроке сева число зерен в метелке уменьшилась с 54,5 до 48,4 шт. или на 6,1 шт. (11,2 %). При севе овса на 7 и 14 дней позже значение этого показателя снижалось с 52,7 до 48,3 и с 48,4 до 45,5 или на 4,4 шт. (8,3 %) и 2,9 шт. (6,0 %) соответственно. Это свидетельствует о том, что наибольшее число зерен было при посеве овса в ранний срок с нормой высева 4,0 (54,5 шт.), а наименьшее при севе через 14 дней с нормой высева 6,0 млн/га (45,5 шт.), следовательно, под влиянием позднего срока сева и увеличения нормы высева озерненность метелки снижалась на 9,0 шт. или 16,5 %.

Аналогичная закономерность имела место и по изменению массы 1000 зерен овса под влиянием срока сева. Установлено, что наибольшее значение этого показателя в среднем по изучаемым нормам высева отмечалось при раннем сроке сева (33,9 г), а наименьшее – при севе этой культуры через 14 дней после раннего срока (32,7 г), следовательно, нарушение оптимального срока сева уменьшало массу 1000 зерен на 3,5 %. Снижение этого показателя под влиянием увеличения нормы высева с 4,0 до 6,0 млн/га имело место лишь при 1-м и 2-м сроках сева, где этот показатель снижался с 34,4 до 33,5 г и с 34,2 до 33,1 г или на 2,6 и 3,2 % соответственно. Четкой закономерности изменения массы 1000 зерен под влиянием нормы высева при позднем сроке сева не отмечалось. В относительном выражении колебание этого показателя по изучаемым факторам между максимальным (34,4 г при раннем севе с нормой высева 4,0 млн/га) и минимальным (32,4 г при посеве через 14 дней после раннего с нормой высева 5,5 млн/га) значением составило 2,0 г или 5,8 %.

Наибольшая урожайность зерна овса получена при раннем сроке сева. В среднем по изучаемым нормам высева она составила 59,4 ц/га. При посеве этой культуры через 7 дней после раннего срока указанный выше показатель снизился на 1,9 ц/га (3,2 %), а через 14 дней – на 4,9 ц/га (8,2 %) (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность зерна овса в зависимости от сроков сева и норм высева семян (среднее за 2017-2019 г.)

Срок сева	Норма высева					Среднее
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
Ранний	60,9	61,1	60,3	58,4	56,1	59,4
через 7 дней	55,4	56,8	59,4	59,4	56,3	57,5
через 14 дней	52,2	53,4	55,5	56,0	55,6	54,5
Среднее	56,2	57,1	58,4	57,9	56,0	57,1

НСР₀₅ частные средние 4,32-5,02; срок сева 1,93-2,24; норма высева 2,49-2,9

Максимальная урожайность зерна овса (60,3-61,1 ц/га) была сформирована при раннем сроке сева с нормами высева 4,0-5,0 млн/га всхожих семян. Полученные результаты дают основание считать, что при запаздывании с севом на 7 дней для получения сопоставимой урожайности с указанными выше вариантами необходимо высевать 5,0-5,5 млн/га всхожих семян. В случае, если посев овса проводится спустя 14 дней после раннего срока, повысить урожайность до указанного выше уровня за счет изменения норм высева невозможно. Наибольшая урожайность (56,0 ц/га) в этом случае получена при возделывании овса при норме высева 5,5 млн/га всхожих семян, что ниже по сравнению с ранним сроком сева и оптимальными нормами высева на 4,3-5,1 ц/га (7,1-8,3 %).

Выводы

1. Наибольшая полевая всхожесть семян овса (89,7 %) и выживаемость растений к уборке (74,2 %) отмечалась при посеве этой культуры в ранний срок при наступлении физической спелости почвы. Сев, проведенный позже на 7 и 14 дней после раннего срока, приводил к снижению полевой всхожести семян на 12,5 и 12,3 %, а выживаемость растений к уборке – на 5,7 и 6,7 % соответственно.

2. Максимальный фотосинтетический потенциал посевов овса (2234 тыс.м²/га) формировался при раннем сроке сева с нормой высева 4,5 млн/га всхожих семян. При проведении этой технологической операция через 7 и 14 дней наибольшее значение указанного выше показателя отмечалось при норме высева 5,5 (1983 тыс.м²/га) и 6,0 млн/га (1748 тыс.м²/га) соответственно.

3. Изучаемые факторы оказывали неодинаковое влияние на элементы структуры урожайности овса. По величине наибольших изменений в период проведения исследований они располагались в следующей убывающей последовательности: число продуктивных стеблей (28,5 %), число зерен в метелке (16,5 %), масса 1000 зерен (5,8 %).

4. Наибольшая урожайность зерна овса формируется при раннем сроке сева, который проводится при наступлении физической спелости почвы. При посеве через 7 дней после раннего срока этот показатель снижался в среднем по изучаемым нормам высева на 1,9 ц/га (3,2 %), а через 14 дней на 4,9 ц/га (8,2 %). Максимальная урожайность зерна овса (60,3-61,1 ц/га) была сформиро-

вана при раннем сроке сева с нормами высева 4,0-5,0 млн/га всхожих семян. При запаздывании с севом на 7 дней для получения сопоставимой урожайности необходимо высевать 5,0-5,5 млн/га всхожих семян. При посеве овса через 14 дней после раннего срока сева повысить урожайность до указанного выше уровня за счет изменения норм высева не представляется возможным.

Литература

1. Баталова, Г.А. Овес в Волго-Вятском регионе / Г.А. Баталова. – Киров : Орма, 2013. – 287 с.
2. Биологические основы интенсивных технологий возделывания зерновых культур : практ. рук-во / Н.А. Ламан [и др.]; под ред. Л.В. Хотылевой. – Гомель, 1991 – 135 с.
3. Богачков, В.И. Овес в Сибири и на Дальнем Востоке / В.И. Богачков. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 127 с.
4. Ермоленко, П.Ф. Формирование высоких урожаев овса в зависимости от норм высева и фонов питания на северо-востоке Белоруссии : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 538 – растениеводство / П.Ф. Ермоленко; БСХА. – Горки, 1968. – 20 с.
5. Концевая, М.Ф. Влияние сроков посева, норм высева и агрофонов на урожай овса сорта Кондор : автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук : 06.01.05 / М.Ф. Концевая ; Бел.ордена трудовая красного знамени сельхозох. акад. – Горки, 1975. – 23 с.
6. Ксензова, Е.А. Урожайность и качество зерна овса сорта Эрбграф в зависимости от доз минеральных удобрений и норм высева / Е.А. Ксензова, Р.Н. Гринько // Пути повышения урожайности полевых культур : межведомственный тематический сборник. Вып. 18 / Белорусский научно-исследовательский институт земледелия ; редкол.: В.П. Самсонов (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Ураджай, 1987. – С 49-52.
7. Кумаков, В.А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В.А. Кумаков. – М. : Росагропромиздат, 1988. – 102 с/
8. Куперман, Ф.М. Биологический контроль за зерновыми культурами / Ф.М. Куперман, В.И. Пономарев. – М. : Высш. шк., 1972. – 79 с.
9. Ламан, Н.А. Биолого-экологические основы формирования высокопродуктивных ценозов хлебных злаков: технологические аспекты / Н.А. Ламан, В.Н. Прохоров // Весці Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – 1999. – №2. – С. 32-39.
10. Молчан, В. Сроки и способы сева овса / В. Молчан, А. Осин // Земледелие. – 1988. – № 7. – С. 24.
11. Молчан, В.П. Продуктивность овса сорта Буг в посевах разной густоты / В.П. Молчан // Земледелие и растениеводство в БССР : сб. науч. тр. / Белорус. ордена труд. красно знамени науч.-исслед. инст. землед. ; редкол.: В. П. Самсонов (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Ураджай, 1991. – С. 114-118.
12. Миронович, Е.Е. Влияние норм высева и уровней минерального питания на продуктивность сортов ячменя и овса в условиях северо-западной части БССР: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук : 06.01.09 / Е.Е. Миронович; Бел.научно-исследовательский институт земледелия. – Жодино, 1977. – 23 с.
13. Ничипорович, А.А. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах // Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Отд-ние растениеводства и селекции. Науч. совет по фотосинтезу АН СССР. – М. : Изд-во ВАСХНИЛ, 1969 – 94 с.
14. Савицкий, М.С. Биологические и агротехнические факторы высоких урожаев зерновых культур / М.С. Савицкий, канд. с.-х. наук. – Москва : Сельхозгиз, 1948 (Образцовая тип.). – 172 с.
15. Семененко, Н.Н. Научные основы совершенствования системы управления продукционным процессом зерновых культур / Н.Н. Семененко // Земледелие и защита растений, 2019. – №1. – С. 3-12.

16. Фатыхов, И.Ш. Урожайность овса Яков в зависимости от предпосевной обработки семян и норм посева / И.Ш. Фатыхов, Колесникова В.Г., Захаров К.В. // Вестник Казанского ГАУ, 2015. – №3(37). С.156-162.

17. Шатилов, И.С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая : Принципы АСУ ТП в земледелии / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – 320 с.

WINTER WHEAT YIELD IN RELATION TO SOWING DATES

V.V. Kot, I.V. Satsyuk, S.I. Gordei, A.Yu. Shanbanovich, A.N. Luchenok. A.E. Ardashnikova, V.Yu. Trushko

The article demonstrates the results of the study of winter wheat yield formation in relation to different sowing dates under the conditions of the central zone of Belarus. In accordance with the findings it's established that the highest winter wheat grain yield regarding all the studied varieties is obtained with sowing at the beginning of the third ten day period and amounted to 88,5 dt/ha, on average for the research years. It's established that winter wheat yield is mainly formed due productive crop stand, which in its turn depends on biological and morphological peculiarities of a variety as well as on weather conditions during the whole vegetation period.

УДК 633.15:631.559:551.5

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ КУКУРУЗЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ГУСТОТЕ СТОЯНИЯ ГИБРИДОВ И СРОКАХ СЕВА

А. З. Богданов, аспирант, **Д.В. Лужинский**, кандидат с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 15.02.2021)

Рецензент: Холодинский В.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению продуктивности и накоплению сухого вещества в растениях и початках различных по скороспелости гибридов кукурузы (ФАО 200, 230 и 260) в зависимости от плотности стеблестоя (70, 90, 110, 130 тыс. шт./га) и сроков сева (при распускании бутонів у крыжовника и через 2 недели). Установлено, что наибольшая урожайность зеленой массы независимо от срока сева формируется при максимальной густоте стояния растений, тогда как наибольший сбор сухого вещества (20,0 т/га) гибрид ФАО 260 (ДН Галатея) обеспечивает при раннем севе и густоте стояния 110 тыс. растений на 1 га, гибрид ФАО 230 (Полесский 202) показывает равную урожайность независимо от срока сева при такой же плотности стеблестоя (17,6-17,7 т/га), а самый скороспелый ФАО 200 (ДН Пивиха) является наиболее урожайным при втором сроке сева и густоте стояния растений 130 тыс./га (18,5 т/га). Более благоприятный температурный режим в первой половине вегетации при втором сроке сева способствует сокращению периода «всходы-цветение початков» на 9-10 сут., что положительно влияет на дальнейший ход развития растений кукурузы и в связи с этим в восковую спелость зерна обеспечивает большее накопление сухого вещества к уборке.

Современные гибриды кукурузы значительно различаются по длине вегетационного периода, который для полной реализации их потенциальной продуктивности должен совпадать с агроклиматическими ресурсами региона, где они выращиваются. Так, в центральной части Беларуси среднеспелые (ФАО 230-250) и среднеранние (ФАО 200-220) гибриды обеспечивают на 16,4-21,2 % больше чистого дохода по сравнению с раннеспелыми (ФАО 180-190) [1]. Наряду с выбором гибридов на продуктивность культуры сильное влияние оказывает срок сева. Издавна кукурузоводы связывали посев с фенологическими наблюдениями. Выведение более холодостойких гибридов позволило начать сев при распускании бутонов у крыжовника [2]. С одной стороны, ранний сев в недостаточно прогретую почву задерживает появление всходов, увеличивает вероятность повреждения семян грибными заболеваниями и вредителями. Однако, с другой стороны, каждый день опоздания с севом приводит к уменьшению доли початков в массе растения на 0,4-0,5 %, снижению содержания сухого вещества на 0,3-0,5 % и концентрации энергии на 0,1-0,2 % [3]. Густота стояния растений также сильнодействующий фактор, в большей степени определяющий эффективность использования почвенного плодородия. Так, изреженные посевы могут обеспечить высокую индивидуальную продуктивность растений, но при недостаточном их числе на единице площади резко снижать урожайность [4]. Она повышается при увеличении числа растений на единице площади до определенного предела, после которого дальнейшее уплотнение посевов ведет к его снижению [5, 6]. Для каждой группы спелости гибридов кукурузы установлен свой оптимум густоты: для ранних гибридов он выше, чем для более поздних [7, 8, 9, 10]. Исследованиями, проведенными в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию в различных регионах Республики Беларусь, выявлено, что оптимум плотности стеблестоя при выращивании кукурузы на силос составляет 90-120 тыс./га, на зерно – около 90 тыс./га [11].

Методика и условия проведения исследований. Полевые опыты проводили на опытном участке Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на связных пылеватых супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,4-0,9 м. Агрохимическая характеристика опытного участка следующая: рН – 6,05-6,14, гумус – 2,24-2,70 %, P_2O_5 – 180-200 мг/кг, K_2O – 257–286 мг/кг почвы.

Объектом исследований выступали гибриды *ДН Пивиха* (ФАО 200), *Полесский 202* (ФАО 230) и *ДН Галатея* (ФАО 260). Посев проводили в 2 срока: 1) появление бутонов у крыжовника (20 апреля), 2) через 2 недели (4 мая), уборку осуществляли в восковую спелость зерна и в 2019 г. при первом сроке сева проводили 17, 20 и 24 сентября, втором – 26, 30 сентября и 4 октября соответственно их скороспелости. В 2020 г. учет урожая первого срока сева осуществлялся 21, 25 и 29 сентября, второго – 28 сентября, 2 и 5 октября. Площадь опытной делянки 25,2 м², повторность – четырехкратная.

От сева до уборки сумма эффективных температур (выше 10 °С) составила 1002 °С в 2019 г. и 943 °С в 2020 г. при среднемноголетнем показателе за по-

следние 30 лет 901 °С. Отличительной особенностью этих двух лет является то, что первая половина 2019 г. по температурным условиям оказалась более благоприятной для роста и развития культуры, но ночные заморозки 24 и 25 сентября (-2 °С) привели к гибели листового аппарата. Погодные условия двух последних декад апреля 2020 г. характеризовались пониженными среднесуточными температурами воздуха (на 1,2 °С ниже среднегодовых значений). На 2,4 °С ниже нормы оказалась температура воздуха на протяжении всего следующего месяца. В итоге, в среднем за 5 декад апреля и мая среднесуточная температура воздуха составила 9,1 °С. Существенный и продолжительный недостаток тепла привел к увеличению дозрительного периода, задержал развитие растений.

Исследования осуществляли в соответствии с методическими рекомендациями [12, 13].

Результаты исследований и их обсуждение. Более поздний гибрид *ДН Галатея* формировал соответственно и больший сбор зеленой массы, который в среднем по всем вариантам составил 71,5 т/га (рисунок 1). Но это отмечено только при первом сроке сева. Задержка с севом на 2 недели привела к недобору 13,6 % урожая. Гибриды *ДН Пивиха* и *Полесский 202* совсем незначительно (на 0,6-0,9 т/га) снижали свою урожайность при запаздывании с севом, которая приближалась к более позднему гибриду второго срока сева и колебалась в пределах 58,7-61,8 т/га.

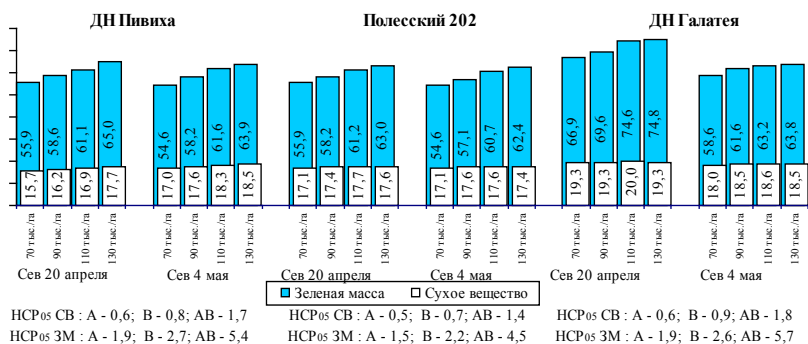


Рисунок 1 – Урожайность гибридов кукурузы в зависимости от густоты стояния растений и срока сева, т/га (среднее за 2019–2020 гг.)

Все гибриды с увеличением густоты стояния с 70 до 130 тысяч растений на 1 га повышали урожайность зеленой массы. Наиболее ранний гибрид *ДН Пивиха* лучше отзывался на максимальное загущение, в то время как у более позднего гибрида *ДН Галатея* после 110 тыс. шт./га зеленая масса практически не прибавлялась.

По сбору сухого вещества только у гибрида *ДН Пивиха* отмечена аналогичная с зеленой массой закономерность роста урожайности по мере загущения.

ния посева до 130 тыс. растений на 1 га (при севе 20 апреля – 17,7 т/га и при севе 4 мая – 18,5 т/га). У двух других гибридов кукурузы максимальный сбор сухого вещества получен при густоте стояния 110 тыс. шт./га. При раннем сроке сева он составил 17,7 т/га у гибрида *Полесский 202* и 20,0 т/га – *ДН Галатея*, при втором сроке сева – 17,6 и 18,6 т/га соответственно. Это свидетельствует о том, что гибриды с ФАО 200 можно высевать и в первой декаде мая, в то время как гибриды с ФАО 230–260 более высокую продуктивность обеспечивают при раннем севе, совпадающем с началом распускания бутонов у крыжовника.

По накоплению сухого вещества в растениях в среднем за 2 года исследований отмечены следующие закономерности: снижение данного показателя по мере загущения посева; более высокое содержание его при втором сроке сева (рисунок 2). Наибольшая разница между густотой стояния растений 70 и 130 тыс./га отмечена у гибрида *Полесский 202*, а наименьшая – *ДН Пивиха*. *Полесский 202* показал и самый высокий суточный прирост сухого вещества при раннем сроке сева – 0,22 %, в то время как *ДН Пивиха* – 0,21 % и *ДН Галатея* – 0,20 %. В то же время накопление сухого вещества в растениях при первом и втором сроках сева у *Полесского 202* изменялось незначительно (29,4 и 29,7 % соответственно). У *Пивихи* эти показатели составили соответственно 27,6 и 30,2 %, у *Галатеи* – 27,4 и 29,9 %. Аналогичные закономерности отмечаются и в накоплении сухого вещества в початках. В то же время суточный прирост сухого вещества в початках снижается с 0,89 до 0,79 % по мере увеличения числа ФАО с 200 до 260 и на 0,04–0,06 % при опоздании с севом на 2 недели.

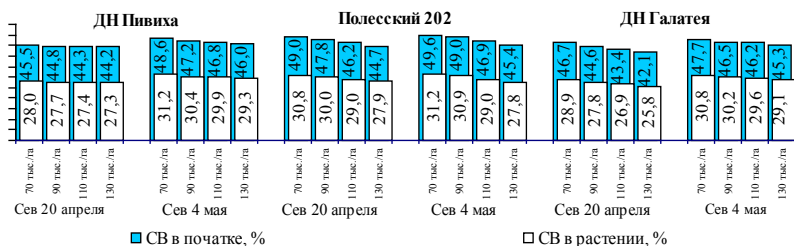


Рисунок 2 – Содержание сухого вещества в зависимости от густоты стояния растений и срока сева, % (среднее за 2019–2020 гг.)

Более высокое содержание сухого вещества в растениях и початках кукурузы при втором сроке сева можно объяснить благоприятным температурным режимом (рисунок 3). Так, за период «всходы – цветение початков» у изучаемых гибридов кукурузы при втором сроке сева среднесуточная температура воздуха составила 18,4–18,5 °С при его продолжительности 70 сут. у гибрида *ДН Пивиха*, 69 – *Полесский 202* и 72 – *ДН Галатея*. В то время как при раннем севе температура воздуха была меньшей на 0,7–0,9 °С и продолжительность периода при этом увеличилась на 9–10 сут.

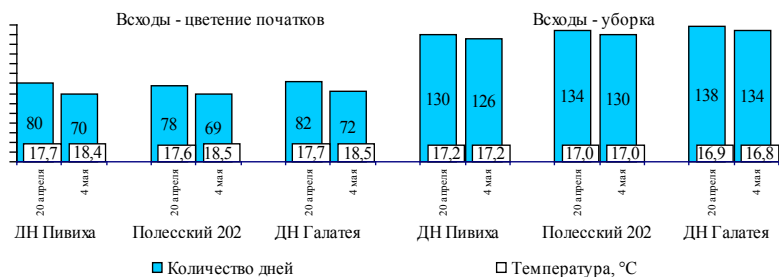


Рисунок 3 – Зависимость продолжительности периода вегетации гибридов кукурузы от среднесуточной температуры воздуха и срока сева (среднее за 2019–2020 гг.)

Более быстрое наступление фазы цветения початков при втором сроке сева предопределило и более короткий на 4 дня вегетационный период в целом, несмотря на близкие среднесуточные температуры при двух сроках сева. Это свидетельствует о высокой значимости температурного режима на начальном этапе вегетации кукурузы.

Выводы

1. Урожайность зеленой массы у гибридов кукурузы ФАО 200-260 закономерно возрастает при увеличении густоты стояния растений с 70 до 130 тыс./га независимо от срока сева (начало распускания бутонов у крыжовника и двумя неделями позже).

2. Гибрид ФАО 260 обеспечивает наибольший сбор зеленой массы только при раннем сроке сева (71,5 т/га), в то время как гибриды ФАО 200-230 при обоих сроках сева показывают близкую между собой (58,7-60,2 т/га) и с более поздним гибридом второго срока сева урожайность (61,8 т/га).

3. Увеличение густоты стояния растений с 70 до 130 тыс./га приводит к снижению содержания сухого вещества как в растениях кукурузы (на 0,7-3,4 %), так и в початках (на 1,3-4,6 %).

4. Гибрид ФАО 260 формирует самую высокую урожайность сухого вещества (20,0 т/га) при раннем севе и густоте стояния 110 тыс. растений на 1 га, тогда как гибрид ФАО 230 независимо от срока сева обеспечивает равную урожайность при такой же плотности стеблестоя (17,6-17,7 т/га), а самый скороспелый (ФАО 200) является наиболее урожайным при втором сроке сева и густоте стояния растений 130 тыс./га (18,5 т/га).

5. Более благоприятный температурный режим в первой половине вегетации кукурузы при севе двумя неделями позже начала распускания бутонов у крыжовника способствует сокращению периода «всходы-цветение початков» на 9-10 сут, что положительно влияет на дальнейший ход развития растений кукурузы и в восковую спелость зерна обеспечивает большее накопление сухого вещества в растениях (на 0,3-2,6 %) и початках (на 0,8-2,2 %) независимо от скороспелости гибрида.

Литература

1. Володькин, Д.Н. Агроэкономическая эффективность выращивания на зерно и силос гибридов кукурузы различной скороспелости в центральной части Беларуси / Д.Н. Володькин [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ МИНфина, 2018. – Вып. 54. – С. 153-160.
2. Клушина, Е.В. О сроках сева / Е.В. Клушина, Е.И. Светлова // Кукуруза и сорго. – 1987. – №2. – С. 18-19.
3. Шпаар, Д. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]; Под общ. ред. В.А. Щербакова. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
4. Толорая, Т.Р. Влияние погодных условий, густоты посева и скороспелости на урожайность гибридов кукурузы / Т.Р. Толорая [и др.] // Кукуруза и сорго. – 2004. – №3. – С. 4-7.
5. Усанова, З.И. Влияние расчетных доз удобрений и густоты стояния на продуктивность кукурузы, вынос и хозяйственный баланс основных элементов питания / З.И. Усанова, И.В. Шальнов, А.С. Васильев // Земледелие. – 2016. – №3. – С. 23-26.
6. Слюдеев, Ю.А. Продуктивность гибридов кукурузы при различной густоте стояния растений и дозах удобрений на выщелоченных черноземах Рязанской области / Ю.А. Слюдеев // Кукуруза и сорго. – 2003. – №4. – С. 6-8.
7. Ращупкин, А. Диагностика рисков на кукурузе. Французский опыт / А. Ращупкин // Белорусское сельское хозяйство. – 2014. – № 6. – С. 102-105.
8. Шлапунов, В.Н. Кормовое поле Беларуси / В.Н. Шлапунов, В.С. Цыдик. – Барановичи: Баранов. укрупн. тип, 2003. – 304 с.
9. Шпаар, Д. Кукуруза / Д. Шпаар, В. Шлапунов, В. Щербаков. – Минск: Беларуская навука, 1998. – 200 с.
10. Барсуков, С.С. Оптимальная густота стояния / С.С. Барсуков // Кукуруза и сорго. – 1988. – № 2. – С. 33-34.
11. Привалов, Ф. Как не допустить изреженных посевов кукурузы / Ф. Привалов, Н. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 83-84.
12. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. – Днепрпетровск, 1980. – 54 с.
13. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

FORMATION OF MAIZE YIELD WITH DIFFERENT CROP DENSITY AND SOWING DATES

A.Z. Bogdanov, D.V. Luzhinsky

The article presents the results of the two-year research on the productivity and accumulation of dry matter in plants and cobs that are different in early ripeness of maize hybrids (FAO 200, 230 and 260) in relation to crop density (70, 90, 110, 130 thousand plants/ha) and sowing dates (with gooseberry bud break and in 2 weeks). It's established that the highest yield of green mass regardless of sowing dates is formed with the maximum density of plants, while the highest yield of dry matter (20.0 t/ha) is provided by the hybrid FAO 260 (DN Galateya) sown early with a crop density of 110 thousand plants/ha. The hybrid FAO 230 (Polesky 202) shows the equal yield (17.6–17.7 t/ha) with the same crop density irrespective of the date of sowing, and the most early ripening hybrid FAO 200 (DN Pivikha) has the highest yield (18.5 t/ha) during the second sowing period and plant density of 130 thousand plants/ha. A more favorable temperature in the first half of the growing season during the second sowing period contributes to reducing the period "sprouts-blooming" by 9-10 days, which positively affects a further course of maize plants development and in this connection provides a greater accumulation of dry matter during the dough stage before harvesting.

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ УРОЖАЙНОСТЬЮ СОРТОВ И СОРТООБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ И ВЫСОТОЙ РАСТЕНИЙ

И.И. Берестов, доктор с.-х. наук, **Р.В. Мельников**, кандидат с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 24.03.2021)

Рецензент: Гриб С.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. Приведены результаты исследования зависимости урожайности зерна от высоты растений 15 сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы селекции РУП «научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Показано, что корреляция между урожайностью и высотой растений при отсутствии полегания посевов линейная и положительная. При этом степень сопряженности признаков в начале выхода в трубку и при появлении флагового листа сильнее, чем в фазу полной спелости.

Высота растений является одним из многочисленных показателей, имеющих тесную связь с продуктивностью. Определяется она спецификой сорта, агрометеорологическими условиями, плодородием почвы, агротехникой возделывания культуры и положительно коррелирует с биомассой растений. Высокорослые сорта чаще всего формируют больший урожай, чем низкорослые, но склонны к полеганию [1, 2].

Полегание злаковых растений препятствует получению высоких урожаев, снижает эффективность удобрений, затрудняет и удлиняет сроки уборки, приводит к существенному снижению урожая и качества зерна. Потери урожая зерна при раннем полегании растений могут составлять 25-30 %. Повысить устойчивость к полеганию можно путем снижения высоты растений, так как растения с коротким стеблем лучше противостоят сильным ветрам и интенсивным осадкам в период вегетации. Важное значение для устойчивости к полеганию также имеет диаметр стебля и толщина стенки соломины, длина второго и третьего нижних междоузлий, прочность соломины на излом [3].

В современной селекции яровой мягкой пшеницы в Беларуси значительное внимание уделяется устойчивости к полеганию [4]. В Государственный реестр сортов Республики Беларусь внесены сорта *Рассвет*, *Ласка*, *Любава*, *Дарья*, *Тома*, *Василиса* и другие, у которых высота растений менее 90 см [5, 6].

Следует отметить, что снизить высоту яровой пшеницы и повысить устойчивость к полеганию можно не только селекционным путем, но и агротехническими приемами, в частности, обработкой посевов регуляторами роста [7].

Цель наших исследований заключалась в изучении высоты растений и урожайности сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы, а также характера и тесноты связи между отмеченными признаками на фоне применения регулятора роста.

Методика и условия проведения исследований. Полевой опыт проводили в 2013-2015 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой хорошо окультуренной почве. Индекс агрохимической окультуренности почвы – 0,90. Предшественник – крестоцветные культуры на семена. Учетная площадь делянки 10 м², повторность четырехкратная.

Объектами исследований были районированные и перспективные (в период проведения опытов) сорта: *Рассвет*, *Ласка*, *Любава*, *Сударыня*, *Восточка*, *Ласточка*, *Чайка* и сортообразцы: 5/10, 11/10, 15/10, 16/10, 18/10, 24/10, 26/10, 27/10 конкурсного испытания яровой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Сорта и сортообразцы выращивали на фоне минеральных удобрений в дозе N₁₀₀P₆₀K₁₂₀. Обработку почвы, посев и уход за посевом осуществляли в соответствии с требованиями отраслевого регламента по возделыванию яровой пшеницы [8]. Чтобы не было полегания растений, общим фоном применяли регулятор роста ЦеЦеЦе 750, ВК (1,0 л/га в стадии 30-31). Высоту растений в фазу выхода в трубку (ДК 32) и флагового листа (ДК 39) определяли путем измерения длины от поверхности почвы до верхней точки вытянутого листа, в фазу полной спелости – до верхушки основного стебля, не считая остей колосьев [9].

Уборку урожая проводили во второй декаде августа комбайном Sampo 130. Зерно с каждой делянки взвешивалось отдельно с последующим пересчетом на 100 % чистоту и стандартную (14,0 %) влажность. Урожайность соломы учитывалась методом пробного снопа с последующим пересчетом на 14 % влажность. При такой же влажности учитывалась и урожайность надземной массы пшеницы (зерно + солома).

Статистическая обработка результатов исследований выполнена дисперсионным и корреляционным методами по Б.А. Доспехову [10].

Погодные условия в годы проведения исследований различались. ГТК Селянинова за период вегетации пшеницы в 2013 г. был равен 1,37; в 2014 г. – 1,36; в 2015 г. – 0,84. Выпадение осадков было недостаточным, особенно в 2015 г. (151 мм при норме 273 мм).

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования показали заметную изменчивость высоты растений яровой пшеницы как по сортам (таблица 1), так и по годам (таблица 2).

В фазу выхода в трубку в среднем за 2013-2015 гг. сортообразцы 27/10, 5/10, 16/10, сорт *Сударыня* по высоте растений (45,2-48,0 см) статистически значимо превышали образец 11/10 (39,6 см) и сорта *Любава*, *Рассвет*, *Ласка*, *Ласточка* (40,1-40,4 см).

В фазу флагового листа наибольшую высоту растений (55,5-57,3 см) имели сортообразцы 27/10, 16/10, 5/10 и сорт *Сударыня*, наименьшую (47,5-48,8 см) – сорта *Рассвет*, *Ласка*, *Любава* и сортообразец 11/10.

Перед уборкой урожая среди изучаемых сортов и сортообразцов яровой пшеницы с более высокими значениями высоты растений (71,7-74,0 см) выделились образец 26/10 и сорт *Сударыня*, статистически значимо превысившие образец 11/10 и сорт *Чайка* по этому показателю на 10,4-12,6 см.

Таблица 1 – Высота растений и урожайность сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы (среднее за 2013-2015 гг.)

Сорт, сорто-образец	Высота растений (см) по фазам			Урожайность, ц/га	
	выход в трубку	флаговый лист	полная спелость	зерно	надземная масса
Рассвет	40,2	47,5	65,3	42,0	100,4
Ласка	40,4	48,8	63,0	43,0	98,8
Любава	40,1	48,5	63,8	40,2	99,5
Сударыня	45,3	56,3	74,0	52,1	118,0
Весточка	42,2	54,3	68,8	46,2	105,0
Ласточка	40,4	49,4	65,9	40,6	97,8
Чайка	42,3	51,8	61,4	45,8	106,1
5/10	45,7	55,8	67,1	47,0	109,8
11/10	39,6	47,5	61,3	40,0	91,0
15/10	44,4	50,9	63,3	43,1	101,6
16/10	45,2	55,5	69,5	48,6	105,1
18/10	40,8	49,4	70,2	39,8	97,6
24/10	44,3	53,7	66,7	45,6	108,3
26/10	44,5	54,8	71,7	48,1	111,6
27/10	48,0	57,3	68,3	49,7	110,2
НСР ₀₅	3,79	3,28	4,28	5,27	10,23

Таблица 2 – Вариация сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы по высоте растений, см (n=15)

Год	Диапазон вариации	Среднее	Ошибка средней	Коэффициент вариации (V),%
Выход в трубку				
2013	39,2-47,3	42,6	0,67	6,1
2014	38,4 – 55,3	45,3	1,08	9,2
2015	35,3-45,2	40,7	0,66	6,3
Флаговый лист				
2013	46,4-58,3	52,2	1,07	7,9
2014	46,2-62,4	52,7	1,16	8,5
2015	47,6-54,8	51,4	0,64	4,8
Полная спелость				
2013	66,6-81,2	74,2	1,06	5,5
2014	58,1-75,4	67,8	1,25	7,1
2015	51,4-65,4	58,1	0,97	6,5

В целом сортовая изменчивость высоты растений по фазам выход в трубку, флаговый лист и полная спелость была слабой (коэффициент вариации менее 10 %).

В годы исследований средняя (по всем сортам и сортообразцам) высота растений изменялась в фазу выход в трубку в пределах 40,7-45,3 см, в фазу флаговый лист – 51,4-52,7 см и была практически одинаковой. Различия в высоте растений в разные годы появились в последующие периоды вегетации и

обусловлены они были, главным образом, количеством выпавших осадков. Средний прирост высоты растений после появления флагового листа составлял в 2013 г. 22,0 см, в 2014 г. – 15,1 и в 2015 г. – 6,7 см. Наибольшая высота растений перед уборкой урожая (74,2 см) отмечена в 2013 г., наименьшая (58,1 см) в 2015 г. Следует отметить, что на фоне применения регулятора роста высота растений наиболее высокорослых сортообразца 26/10 и сорта *Сударыня* в условиях относительно благоприятного увлажнения в 2013 г. была на уровне 81 см, а в условиях засухи в 2015 г. – 62-65 см.

Наибольшая урожайность зерна (53,2 ц/га) формировалась в 2014 г., далее следуют 2013 г. (45,0 ц/га) и 2015 г. (36,2 ц/га) (таблица 3). В 2013 г. генотипическая изменчивость урожайности зерна была незначительная ($V=8,1\%$), в 2014 г. и 2015 г. – средняя ($V=10,8-12,1\%$). Более высокорослые сорта и сортообразцы чаще всего были и более урожайными.

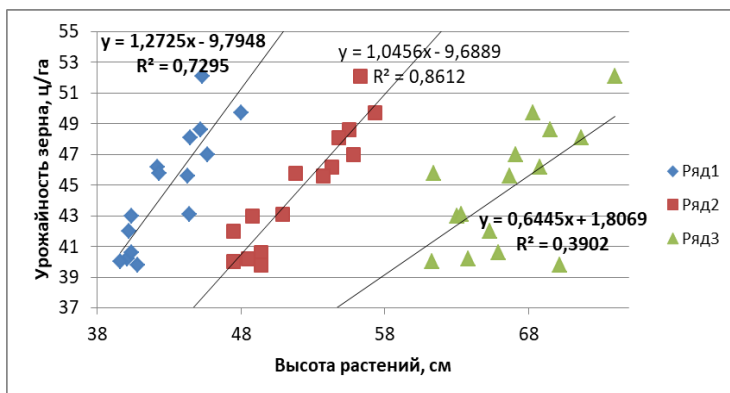
Таблица 3 – Вариация сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы по урожайности зерна и надземной массы ($n=15$)

Год	Диапазон вариации	Среднее	Ошибка средней	Коэффициент вариации(V), %
Урожайность зерна, ц/га				
2013	40,6-53,2	45,0	0,94	8,1
2014	45,9-63,1	53,2	1,48	10,8
2015	29,8-43,7	36,2	1,13	12,1
Урожайность надземной массы (зерно+солома), ц/га				
2013	93,4-120,3	106,3	2,02	7,4
2014	114,4-150,3	131,7	2,32	6,8
2015	58,6-91,0	74,1	2,24	11,7

Корреляция между урожайностью зерна изучаемых сортов и сортообразцов и высотой растений в разные фазы роста и развития при отсутствии полегания посевов была линейной и положительной (рисунок 1). При этом степень сопряженности признаков в начале выхода в трубку и при появлении флагового листа была сильнее, чем в фазу полной спелости. Коэффициенты парной корреляции были равны соответственно $0,85 \pm 0,14$, $0,93 \pm 0,10$ и $0,62 \pm 0,22$. При увеличении высоты растений на 1 см в начале выхода в трубку урожайность зерна возрастала на 1,27 ц/га, в фазу флагового листа – на 1,04 и в фазу полной спелости – на 0,64 ц/га.

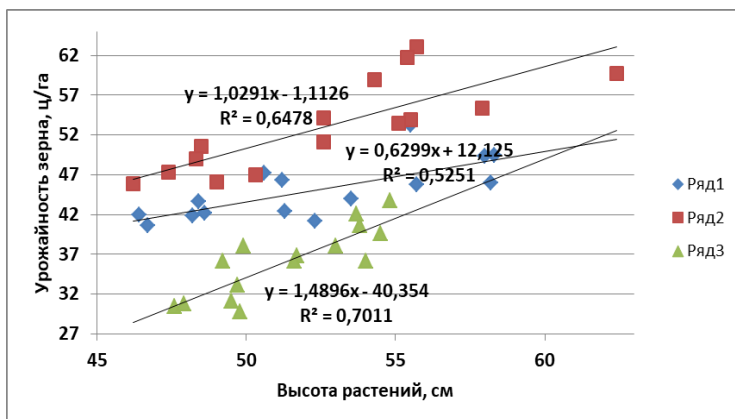
Высокая сопряженность урожайности зерна с высотой растений в фазу флагового листа наблюдалась во все годы исследований (рисунок 2), что свидетельствует о стабильности корреляционной связи.

Генотипическая изменчивость элементов структуры урожайности зерна также коррелировала с высотой растений. При этом корреляция между признаками имела криволинейный характер. Доля варьирования, обусловленная изменчивостью высоты растений, у изучаемых элементов структуры урожайности зерна была разной (таблица 4). Наибольшей она была с массой зерна с колоса (39-72 %), а наименьшей – с массой 1000 зерен (12-15 %). С высотой растений,



Примечание: ряд 1 – в фазу выхода в трубку; ряд 2 – в фазу флагового листа; ряд 3 – в фазу полной спелости

Рисунок 1 – Зависимость между урожайностью зерна и высотой растений в разные фазы роста и развития яровой пшеницы (среднее за 2013-2015 гг.)



Примечание: ряд 1 – в 2013 г.; ряд 2 – в 2014 г.; ряд 3 – в 2015 г.

Рисунок 2 – Зависимость между урожайностью зерна и высотой растений в фазу флагового листа в годы исследований

определенной в вегетативный период роста (в начале выхода в трубку, при появлении флагового листа) доля варьирования элементов структуры была больше, чем с высотой растений в фазу полной спелости.

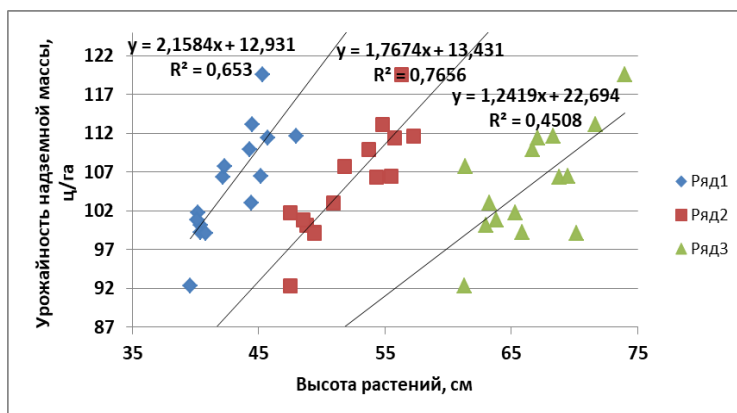
Корреляция между урожайностью надземной массы пшеницы и высотой растений в разные фазы роста и развития была подобна корреляции с урожайностью зерна (рисунок 3). Наиболее сильной она была в фазу флагового листа

Таблица 4 – Доля варьирования элементов структуры урожайности зерна, обусловленная изменчивостью высоты растений, %
(среднее за 2013-2015 гг.)

Фаза роста и развития	Количество продуктивных стеблей	Количество зерен в колосе	Масса 1000 зерен	Масса зерна с колоса
Выход в трубку	39*	52**	15	72***
Флаговый лист	40*	44**	13	61***
Полная спелость	1	26	12	39*

* Достоверно при уровне значимости 0,05; ** - 0,01; *** - 0,001.

($r=0,88\pm0,13$) и слабее в фазу полной спелости ($r=0,67\pm0,20$). Это указывает на то, что более высокорослые генотипы формировали большую биомассу, чем низкорослые.



Примечание: ряд 1 – в фазу выхода в трубку; ряд 2 – в фазу флагового листа; ряд 3 – в фазу полной спелости.

Рисунок 3 – Зависимость между урожайностью надземной массы и высотой растений в разные фазы роста и развития (средне за 2013-2015 гг.)

Заключение

При отсутствии полегания посевов на фоне применения регулятора роста урожайность зерна и надземной массы сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы линейно и положительно сопряжена с высотой растений. Коэффициенты парной корреляции равны: между урожайностью зерна и высотой растений в начале выхода в трубку $0,85\pm0,14$; при появлении флагового листа $0,93\pm0,10$, в фазу полной спелости $0,62\pm0,22$; между урожайностью надземной массы и высотой растений – соответственно $0,81\pm0,16$; $0,88\pm0,13$ и $0,67\pm0,20$. Генотипическая изменчивость элементов структуры урожайности зерна также коррелирует с высотой растений. При этом степень сопряженности высоты рас-

тений с элементами структуры урожайности разная: наибольшая – с массой зерна с колоса, наименьшая – с массой 1000 зерен.

Литература

1. Беспалова, Л.А. Результаты и перспективы селекции пшеницы и тритикале / Л.А. Беспалова, Ю.М. Пучков // Эволюция научных технологий в растениеводстве: сб. науч. тр. в честь 90-летия КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко; в 4 т. - Краснодар, 2004. – Т. 1. Пшеница. – С. 17-30.
2. Косенко, С.В. Влияние высоты растений на урожайность и элементы продуктивности озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья / С.В. Косенко, В.Г. Кривобочек // Нива Поволжья. – 2009. – №3 (12). – С. 46-48.
3. Таранова, Т.Ю. Оценка коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы на короткостебельность и устойчивость к полеганию / Т.Ю. Таранова, А.И. Кинчаров, Е.А. Демина, О.С. Муллаянова // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 4. – С. 48-53.
4. Гриб, С.И. Прогресс в селекции яровой пшеницы в Беларуси / С.И. Гриб // Весці НАН Беларусі, сер.аграрных навук. – 2009. – № 3. – С. 37-41.
5. Гриб, С.И. Эффективность селекции яровой мягкой пшеницы в системе комплексных исследований / С.И. Гриб // Селекція і насінництво. – 2011. – Вып. 100. – С 152-159.
6. Маркевич, И.М. Генетические ресурсы яровой мягкой пшеницы – источник результативной селекции в Беларуси / И.М. Маркевич, И.С. Матыс, В.Н. Буштевич, Е.В. Зуев // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – Вып.54. – С. 245-251.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – С. 63 – 78.
8. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных растений: учебно-методическое пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И.Р. Вильдфлуша, П.А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур – М. – 1985. – Вып. 1. – 269 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов; Изд. 4-е, доп. и перераб. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

CORRELATION BETWEEN THE YIELD OF VARIETIES AND VARIETY SAMPLES OF SPRING SOFT WHEAT AND PLANT HEIGHT

I.I. Berestov, R.V. Melnikov

The article deals with the research results on the relation of the grain yield to the plant height of 15 varieties and variety samples of spring soft wheat bred in the Research and Practical Center of the NAS for Arable Farming. It's shown that without lodging the correlation between the yield and plant height is linear and direct. At the same time the degree of contingency is greater at the beginning of stem elongation and at the flag leaf stage than at the stage of full ripeness.

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГОРМОНОВ РОСТА В РАСТЕНИЯХ

И.Г. Бруй, Е.Л. Долгова, кандидаты с.-х. наук, **Е.В. Дунькович,**

В.В. Холодинский, кандидат с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 20.04.2021)

Рецензент: Куликович Е.Н., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** Изучены различные способы фиксации растительного материала растений ярового ячменя при проведении анализов по определению содержания индолил-3-уксусной кислоты (ЗИУК) (теплый этанол, сушка, заморозка). Установлено, что способы фиксации существенно влияют на определяемое количество ЗИУК. Уточнена длина волны детектирования при определении гетероауксина и производного гибберелловой кислоты ГК₃ с использованием ВЭЖХ для спектрофотометрического детектора.*

Оценка содержания гормонов в растительном организме может быть проведена различными методами. В диссертационной работе П.Б. Курапова «Гормональный баланс растений. Методы его изучения и регулирования» разработана методика анализа содержания АБК (абсцизовой кислоты) и ГК в побегах яблони, затем она была расширена для определения цитокининов, ИУК и этилена [1]. При разработке и оценке точности этих методов использовались изотопно-меченые индикаторы.

Часто используемый на практике метод биотестирования, хотя и имеет определенные достоинства (высокая скорость, простота и доступность), но и обладает существенными недостатками (низкая воспроизводимость, отсутствие селективности по отдельным гормонам, приблизительность количественной оценки). Кроме того, методом биотестирования определяется не абсолютное их содержание, а только активность в данном биотесте [2]. Описанные в литературе методики анализа фитогормонов в растительных образцах методами ИФА, ВЭЖХ, ГЖХ и ГЖХ-МС требуют многостадийной предварительной очистки и концентрирования [3, 4]. Способ очистки во многом зависит от выбора объекта исследования и возможностей экспериментатора [5].

Многие известные методики анализов содержания фитогормонов из-за своей трудоемкости на стадиях выделения и концентрирования не пригодны для серийного анализа большого количества образцов [6].

Поэтому при разработке методики, пригодной для массовой оценки содержания эндогенных фитогормонов, мы не ставили целью их точного количественного определения в образцах. Целью была разработка методик, позволяющих сравнивать содержание индолил-3-уксусной кислоты (ЗИУК, ИУК) и производного гибберелловой кислоты (ГК₃) в большом количестве растительных проб при проведении обработок посевов регуляторами роста.

Из всех индольных соединений ауксинового ряда, обладающих биологической активностью, ЗИУК наиболее эффективна и присутствует в молодых побегах в больших концентрациях, чем другие фитогормоны. Она влияет на рост клетки в фазах растяжения, регулирует коррелятивный рост. В свою очередь, ГК₃ контролирует прорастание семян, удлинение стебля, переход к цветению и развитие органов цветка. Несомненным является изменение их содержания в растениях при применении рострегулирующих препаратов (ретардантов) в результате нарушения последовательностей реакций биосинтеза [7].

Цель работы заключалась в адаптации методик анализа содержания ЗИУК и ГК₃ в навеске растительного материала при проведении скрининговых исследований большого количества растительных образцов.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводились в отделе биохимии и биотехнологии и лаборатории регуляции роста и развития растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». В лабораторных условиях анализировали способы фиксации растительного материала и экстрагирования, проводили подбор оптимальной длины волны детектирования пиков хроматограмм и условий хроматографирования при проведении ВЭЖХ на жидкостном хроматографе Agilent 1260 со спектрофотометрическим детектором. Обработку результатов проводили в программной среде OpenLab. В полевых условиях исследовали 2 образца ярового ячменя *Рейдер* и *Адам*, которые обрабатывали ретардантами различного механизма действия.

Результаты исследований и обсуждение. Для определения оптимального способа фиксации растительного материала проводили подготовку проб растительных образцов тремя способами (рисунок 1):

- измельчение свежего материала с фиксацией 80 % этанолом;
- высушивание и измельчение растительного материала;
- замораживание с последующим измельчением и экстракцией.



Рисунок 1 – Способы фиксации растительного материала

Для выделения ЗИУК была предложена сокращенная методика без применения многоступенчатой очистки.

Пробоподготовка для определения гетероауксина включала следующие этапы:

- измельчение растительного материала и экстрагирование ИУК этанолом;
- 50 мл экстракта концентрировали с использованием роторного испарителя с последующим растворением в ацетонитриле в ультразвуковой бане.

Количественное определение ЗИУК проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Agilent 1260 с УФ-детектором. Использовались колонка C_{18} 5мкм 4.0×250 мм. Длина волны детектирования – 222 нм. Скорость потока элюента – 0,75 мл/мин. Подвижная фаза – вода, ацетонитрил, 0,05 % трифторуксусная кислота (45:54:1 % об./об.). Объем вводимой пробы – 25 мкл. Температура термостата колонок – 30 °С.

Совершенствование методики предполагало обеспечить высокую селективность определения ЗИУК. Для этого было проведено уточнение длины волны детектирования. Сканирован спектр от 200 до 400 нм для раствора элюэнта и раствора стандартного образца ЗИУК в концентрации 50 мкг/л. Как видно из рисунка 2, в нулевом растворе наблюдается 2 пика на длинах волн 281 и 338 нм, на длине волны 273 нм отчетливо выражен пик для ЗИУК, отсутствующий в растворе элюэнта. Таким образом, было принято решение о смене длины волны с 222 нм на 273 нм при хроматографировании опытных образцов.

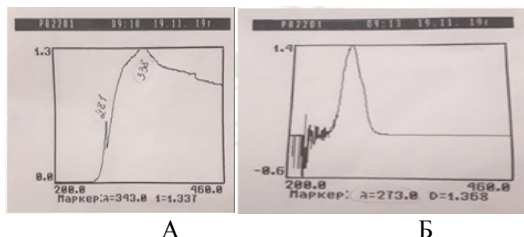


Рисунок 2 – Кривые поглощения нулевого раствора (А) и стандарта ЗИУК (Б) на участке спектра от 200 до 460 нм (сканирование проведено на UV/VIS спектрофотометре Solar 2201)

При хроматографировании стандартного раствора ЗИУК с новыми условиями проведения анализа на хроматограмме детектируется 4 пика (рисунок 3).

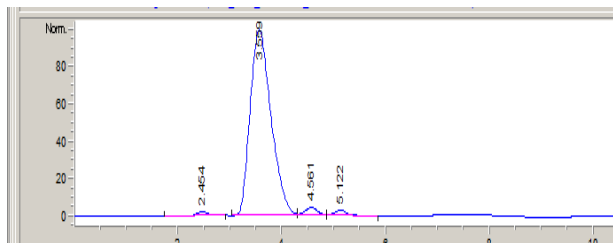


Рисунок 3 – Хроматограмма стандартного раствора ЗИУК концентрации 50 мкг/л

За характерный нами принят основной пик наибольшей площади, минорные пики, могут свидетельствовать о наличии изоформ ИУК в исследуемом растворе.

Дальнейшие исследования были направлены на определение содержания в отобранных растительных образцах гибберелловой кислоты (GK_3). Для уточ-

нения длины волны детектирования ГК₃ нами было проведено сканирование стандартного раствора в интервале от 190 до 220 нм. Определено, что специфический пик наблюдается при λ 208 нм (рисунок 4).

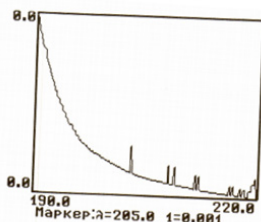


Рисунок 4 – Кривая изменения оптической плотности стандартного раствора ГБ₃ на участке спектра от 190 до 220 нм

Для определения ГК₃ навеску отбирали массой 20 г, объем экстрагирующего раствора этанола составил 80 мл. Таким образом, условия хроматографирования имели вид: колонка C18 5 мкм 4.0 × 250 мм. Длина волны детектирования 208 нм, скорость потока элюента – 0,75 мл/мин. Подвижная фаза – вода/ацетонитрил (50/50). Объем вводимой пробы 5 мкл. Температура термостата колонок 30 °С. Время анализа 12 минут.

В полевых условиях был заложен опыт на двух сортах ярового ячменя **Рейдер** и *Адам*, который обрабатывали ретардантами различного механизма действия на основе прогексадиона Са, тринексапак-этила, влияющих на синтез, а так же активность собственных растительных гормонов. На второй и пятый дни были отобраны растительные образцы и проведены лабораторные анализы по определению содержания в них ИУК при различных вариантах фиксации и подготовки проб.

Таблица – Содержание ИУК в образцах зеленой массы ярового ячменя нг/г сухого вещества

Образец	Тип фиксации образца подготовки пробы		
	Фиксация 80 % теплым этанолом зеленой массы с последующей экстракцией	Фиксация заморозкой, с последующей экстракцией этанолом	Фиксация высушиванием в сушильных шкафах с последующей экстракцией этанолом
АВ	1286±260	966±193	595±119
КА	1054±210	890±178	357±71
АМ	1130±226	923±184	670±134
Среднее	1156,7	926,3	540,7
КО	984±196	744±149	235±47
КС	870±174	623±125	242±48
РЕ	930±186	784±157	147±29
МЕ	765±153	540±108	361±72
АД	698±134	571±114	139±28
Среднее	849,4	576,0	224,8

Из приведенных в таблице данных видно, что в лабораторном опыте не удалось достичь воспроизводимых результатов при одинаковых условиях экстракции, но с применением разных способов фиксации материала.

Наиболее достоверные результаты, на наш взгляд, были получены при применении фиксации и последующей экстракции в 80 % теплом этаноле. В качестве заморозки нами были применены низкотемпературные морозильные камеры, однако отсутствовала стадия фиксации в жидком азоте, что тоже повлияло на воспроизводимость результатов. Фиксация высокой температурой оказалась неприемлемой из-за вероятного разрушения целевых веществ.

Выводы

Для анализа гетероауксина в растительном материале ярового ячменя, можно использовать два способа фиксации:

- отбор наземной части растений по диагонали делянки, быстрое (в течение 10 минут) измельчение, затем отбор средней пробы массой 20 грамм в четырех-пяти повторностях и *фиксация 80% этанолом*;

- отбор наземной части растений по диагонали делянки, плотная упаковка в полиэтиленовые пакеты, дальнейшая *заморозка и хранение при температуре 15-20 °С*. При проведении анализа замороженная растительная масса быстро измельчается, производится отбор средней пробы массой 20 грамм в четырех-пяти повторностях и фиксируется 80 % этанолом.

Способ пробоподготовки не оказывает существенного влияния на положение пиков хроматограммы, однако существенно изменяет определяемое количество фитогормонов. Колебание содержания ЗИУК в растительных образцах ярового ячменя в зависимости от примененного регулятора роста при фиксации 80 % этанолом составило от 1286±260 до 698±134 нг/г сухого вещества.

Использование предлагаемой методики хроматографического определения содержания ЗИУК в растительных образцах ячменя при использовании для детектирования длины волны 273 нм позволяет получить дифференцированный и четко идентифицируемый пик.

Литература

1. *Курапов, П.Б.* Гормональный баланс растений методы его изучения и регулирования : автореферат дис. ... докт. биол. наук : 03.00.12 / П.Б. Курапов; Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева. – М., 1996. – 49 с.
2. *Кефели, В.И.* Определение биологической активности свободных ауксинов и ингибиторов роста в растительном материале / В.И. Кефели [и др.] // Методы определения фитогормонов, ингибиторов роста, дефолиантов и гербицидов. – М. 1973. – С. 7-21.
3. *Савчук, А.Л.* Иммунохимический анализ brassinosteroidов: разработка методологии, синтез аналитических компонентов, прикладные аспекты : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.10 / А.Л. Савчук; Ин-т биоорганической химии НАН Беларуси. – Минск, 2016. – 27 с.
4. Методы определения фитогормонов: твердофазный иммуноферментный анализ абсцизовой кислоты, ауксинов и цитокининов / Составитель Р.А. Борзенкова // Учебное пособие. – Екатеринбург: ИПЦ «Издательство УрГУ», 2006. – 43 с.

5. Кефели, В.И. Газохроматографическое определение абсцизовой и индолил-3-уксусной кислоты в растительных тканях / В.И. Кефели, Е.Н. Кислин // Физиология растений. 1982. – Т. 29, вып. 2 – С. 407-413.

6. Рудиковский, А.В. Сравнительный анализ содержания индолил-3-уксусной и абсцизовой кислот в побегах карликовой и высокорослой форм яблони сибирской в природных условиях и при интродукции / А.В. Рудиковский [и др.] // Известия Иркутского государственного университета – 2013. – Т. 6, №2. – С. 34-42.

7. Дитченко Т.И. Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине: «Рост, развитие и основы биотехнологии растений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/106310/1/umk_tgrobr.pdf. – Дата доступа: 20.04.2021.

ON THE PROBLEM OF IMPROVING THE METHODOLOGY FOR IDENTIFYING GROWTH HARMONES IN PLANTS

I.G. Brui, E.L. Dolgova, E.V. Dunkovich, V.V. Kholodinsky

Different methods of fixing plant material of spring barley were studied while conducting analyses to determine the content of 3-indoleacetic acid (warm ethanol, drying, freezing). It was established that the methods of fixation affected greatly the number of 3-indoleacetic acid to be determined. Wave detection length was defined more precisely while identifying heteroauxin and gibberelic acid CA₃ with the use of HPLC (high performance liquid chromatography) for spectrophotometric detector.

УДК 633.16:581.19

СОДЕРЖАНИЕ 3-ИНДОЛИЛУКСУСНОЙ И ГИББЕРЕЛЛОВОЙ КИСЛОТ В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ

И.Г. Бруй, Е.Л. Долгова, кандидаты с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 20.04.2021)

Рецензент: Шишлова Н.П., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье представлены результаты оценки уровня гормонов в растениях ярового ячменя трех сортов – Магутны, Рейдер и Адаман. Установлено влияние регуляторов роста Мессидор, Моддус и Серон на количество 3-индолилуксусной и гибберелловой кислот в растениях ячменя в период выхода растений в трубку.

Решая прикладные задачи в растениеводстве с помощью биологически активных веществ необходимо основываться на знаниях механизмов и специфичности действия этих веществ на определенные системы регуляции, характерные для состояния растительного организма в зависимости от этапа его онтогенетического развития. К веществам, изменяющим рост и развитие, относятся химические соединения, которые в малых количествах способны вызывать заметное изменение интенсивности биохимических процессов в растении. Особый интерес представляет группа биологически активных соединений, которые управляют процессами растяжения и формирования клеточной стенки растений, изменяют ее архитектуру, физико-химические и механические свойства. Под

воздействием этих веществ изменяются структура клеточной стенки, габитус растения, его устойчивость к полеганию и ряд других свойств, которые необходимо «задать» растению, чтобы изменить его продуктивность [1, 2].

Все биологически активные вещества являются или эндогенными природными, вырабатываемыми самим растением, или синтетическими, получаемыми химическим путем. Количество нативных биологически активных веществ в растении контролируется на генетическом и метаболическом уровнях с помощью различных экзогенных и эндогенных факторов, то есть биологически активные вещества образуются в количестве, необходимом для оптимального протекания того или иного процесса, выполнения отдельной функции, фенотипического проявления в обычных условиях роста и развития. Известно, что количество биологически активных веществ в растениях может регулироваться по принципу обратной связи. И этот принцип может являться одной из теоретических основ для решения прикладной задачи в растениеводстве в борьбе с полеганием сельскохозяйственных культур [1, 2].

Функции ингибиторов роста, сочетание гормонов и их концентрация, биосинтез которых контролируется на генетическом уровне, определяют суммарный характер физиологического процесса. Этот эффект может видоизменяться под влиянием огромного множества факторов окружающей среды и различных химических соединений. Научно обоснованное регулирование количественного и качественного состава фитогормонов в растениях, отвечающих за растяжение и деление клеток, позволит контролировать объем и массу клеток стебля, замедляя рост растений в высоту, при этом укрепляя стебли растений, что особенно важно для предотвращения полегания зерновых колосовых культур, возделываемых по интенсивным технологиям [4].

Знания о качественном и количественном составе фитогормонов на разных стадиях развития растений позволят адаптировать агроприемы возделывания культур в соответствии с их сортовыми особенностями.

Динамика отдельных фитогормонов обстоятельно изучена во многих работах. Хорошо известны обширные литературные данные о взаимовлиянии гормонов в растениях, однако об участии гормона в регуляторных процессах большинство авторов судят на основании изменений под влиянием экзогенных внесений и в меньшей степени по его эндогенному содержанию. Вместе с тем в литературе отсутствуют обобщенные данные об изменении гормонального баланса растений в процессе вегетации. Эти исследования очень важны, так как многие процессы жизнедеятельности растений регулируются одновременно несколькими гормонами, действующими по принципу синергизма или антагонизма [3]. Из-за повышенной динамичности фитогормонального баланса весьма актуально анализировать содержание нескольких групп фитогормонов в одной пробе растительного материала. Это необходимо для получения адекватной картины, отражающей реальный фитогормональный баланс. К сожалению, подобные данные в литературе отсутствуют.

Объекты и методы исследований. В 2019-2020 гг. проведены эксперименты в условиях фитотронно-тепличного комплекса, которые предусматрива-

ли изменения гормонального баланса растений ярового ячменя посредством обработки растений ретардантами различного механизма действия: Мессидор, КС, Моддус, КЭ и Серон, ВР, влияющими на синтез, а также активность гиббереллинов и ауксинов растениями ячменя двух сортов: *Рейдер* и *Адаман*. Полевые эксперименты проводились на трех сортах ярового ячменя *Мустанг*, *Рейдер* и сорте голозерного ячменя *Адаман*, выращиваемых по одной технологии возделывания.

Содержание гормонов 3-индолилуксусной кислоты (ИУК) и гибберелловой кислоты (ГК) в растительных образцах оценивали с использованием хроматографа жидкостного со спектрофотометрическим (диодно-матричным) детектором в лаборатории биохимического анализа и качества продукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» по уточненной методике определения гормонов, изложенной в статье выше «К вопросу совершенствования методики определения гормонов роста растений».

Результаты исследований. В условиях фитотронно-тепличного комплекса в динамике с фазы 2-х листьев до колошения культуры проведена оценка содержания 3-индолил-уксусной кислоты и гибберелловой кислоты в растениях ярового ячменя сорта *Рейдер* и голозерного ячменя сорта *Адаман*.

Установлено, что содержание ИУК (две нижних кривых) в течение вегетации у ярового ячменя двух сортов было значительно ниже, чем содержание ГК (две верхние кривые), а содержание гормонов по фазам развития отличалось в несколько раз (рисунок 1).

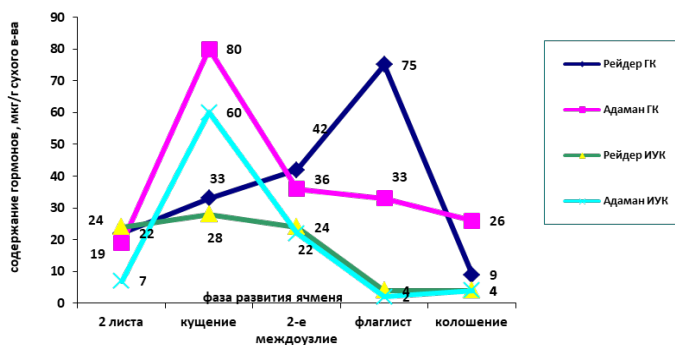


Рисунок 1 – Содержание 3-ИУК и ГК₃ в зеленой массе ячменя сорта *Рейдер* и *Адаман* в период вегетации

Максимальное содержание ИУК наблюдалось в фазу кушения и составило 60 и 28 мкг/г сухого вещества для сортов *Адаман* и *Рейдер* соответственно. Далее ее содержание снижалось и в фазу флагового листа не превышало 4 мкг/г. Надо отметить, что у сорта *Адаман* количество ИУК и ГК в фазу кушения было на 100 и 166 % выше в сравнении с ячменем сорта *Рейдер*.

У сорта *Адам* максимальное содержание ГК 80 мкг/г отмечено в фазу кушения культуры, которое к концу выхода растений в трубку постепенно снижалось до 26 мкг/г. У сорта *Рейдер* с фазы 2-х листьев наблюдалось плавное увеличение содержания ГК, которое достигло максимума только к фазе флагового листа (75 мкг/г), а затем происходило резкое снижение его содержания до 9 мкг/г сухого вещества.

В полевых условиях заложен эксперимент на двух сортах кормового ячменя *Рейдер* и *Мустанг* и сорте голозерного ячменя *Адаман*, а также проведена оценка влияния морфорегуляторов Моддус, Мессидор и Серон на содержание фитогормонов после их применения в фазу начала выхода в трубку (ДК 31). Опыт закладывали в пяти повторностях и растительные образцы отбирали на 2-й, 4-й день и 12-й день после внесения препаратов с каждой делянки в двух повторностях.

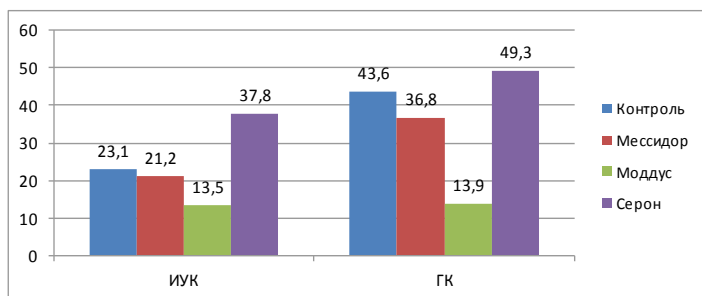


Рисунок 2 – Содержание ИУК и ГК в зеленой массе ячменя сорта *Мустанг* на второй день после обработки, мкг/г сухого вещества

Результаты анализов подтвердили ранее полученные данные: содержание 3-ИУК в растениях ячменя меньше почти в два раза, чем ГК. В среднем по всему опыту ИУК в растениях содержалось 8,3 мкг/г, а ГК – 31,6 мкг/г.

Установлен и более высокий гормональный статус ярового ячменя сорта *Мустанг*. Значения суммарного содержания гормонов в растениях ячменя сорта *Мустанг* находились в диапазоне 16,1-87,1 мкг/г, сорта *Рейдер* – в диапазоне 29,6-44,6 мкг/г, сорта *Адаман* – 16,2-30,7 мкг/г.

Ячмень сорта *Мустанг* отреагировал на обработки ретардантами Мессидор и Моддус снижением уровня ИУК на 8,2 и 41,6 % и ГКБ на 15,6 и 68,1 % соответственно (рисунок 2). Применение Серона вызвало всплеск гормонов на 64,1 и 13,1 %. Результаты на ячмене сорта *Рейдер* на следующий день после обработки имели обратную закономерность – более высокое содержание рассматриваемых гормонов. Количество ИУК возросло на 32,6-98,9 %, содержание ГКБ возросло меньше, но значительно – на 16,5-36,9 % (рисунок 3).

В случае применения препарата Моддус изменение ГК было незначительным, при максимальном содержании в растениях ячменя *Рейдер* индолилуксусной кислоты (рисунок 3).

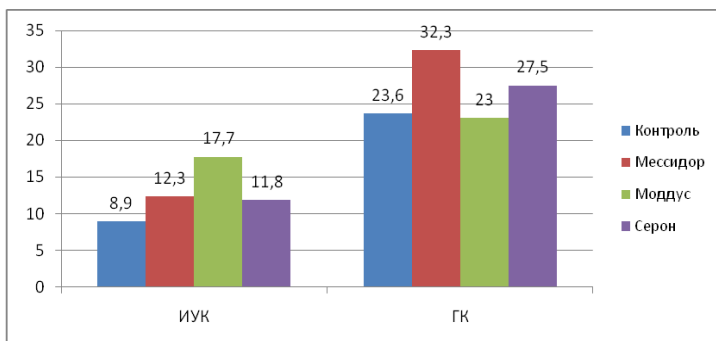


Рисунок 3 – Содержание 3-ИУК и ГК в зеленой массе ячменя сорта *Рейдер* на второй день после обработки, мкг/г сухого вещества

На 4-й день после обработки у сорта *Мустанг* сохранилась тенденция меньшего содержания ГК в варианте применения препарата Моддус: от 22,6 в контроле до 18,1 мкг/г сухого вещества в варианте, а вот у *Рейдера* значительного изменения по рассматриваемому показателю не установлено: содержание ГК составило по вариантам опыта 25,8-29,2 мкг/г сухого вещества.

Если применение регуляторов роста на ячмене *Рейдер* не оказывало значимо стабильного влияния на содержание гиббереллина, то по содержанию ауксина все препараты оказывали стимулирующее действие на их синтез: от 8,9 мкг/г сухого вещества в контроле до 11,8 в варианте Серон, 12,3 – в варианте Моддус и до 17,8 мкг/г в варианте Мессидор. Повышенное содержание ИУК во всех вариантах опыта сохранилось и на 4-е сутки с 7, 9 до 12,6 мкг/г сухого вещества.

Данный факт говорит о том, что ретарданты оказывают влияние не только на гормон роста ГК₃, но и гормонообразовательный гормон – 3-ИУК.

На 12-й день после обработки ретардантами суммарное содержание гормонов снизилось до 20,3-22,7 мкг/г и было на уровне контрольного варианта. Только при использовании ретарданта Моддус этот показатель был ниже контроля на 24,1 %. Можно отметить, что при использовании Моддуса на ячмене сорта *Мустанг* гормональный статус культуры был самым низким в сравнении с другими регуляторами роста и предположить, что данный препарат обеспечил у сорта *Мустанг* самое продолжительное действие (рисунок 4).

У растений ячменя сорта *Рейдер* при первоначальном всплеске гормонов на следующий день после обработки уже на 4-е сутки показано их суммарное снижение (рисунок 5). К 12-му дню в контроле количество гормонов возрастало в отличие от ячменя сорта *Мустанг*. В случае применения Моддуса и Мессидора рассматриваемый показатель продолжал падать и оставался ниже контроля на 27,1 и 14 % соответственно. Как и на ячмене сорта *Мустанг*, наибольший сдерживающий синтез гормонов оказал ретардант Моддус. Влияние регулятора роста Серон было незначительным (рисунок 5).

Влияние ретардантов на синтез гормонов растениями голозерного ячменя сорта *Адаман* через сутки после их применения схоже с ячменем сорта *Мус-*

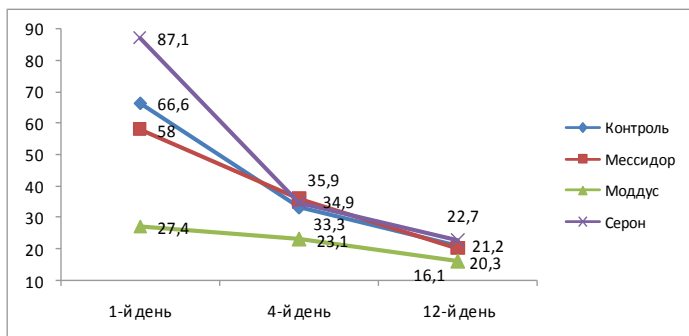


Рисунок 4 – Динамика суммарного содержания гормонов в зеленой массе ячменя сорта *Мустанг* после обработки регуляторами роста, мкг/г сухого вещества

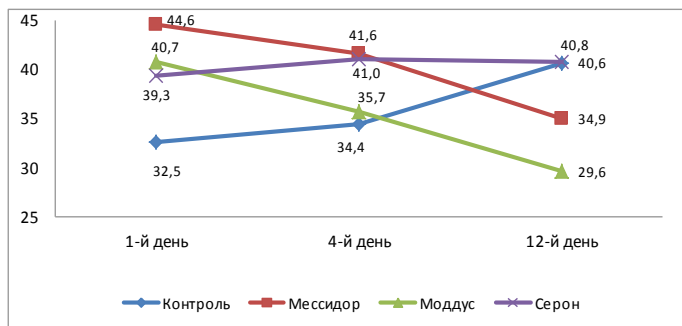


Рисунок 5 – Динамика суммарного содержания гормонов в зеленой массе ячменя сорта *Рейдер* после обработки регуляторами роста, мкг/г сухого вещества

танг. Мессидор и Серон повышали их содержание на 11,7-15,5 %, а Моддус снижал на 8,9 % (рисунок 6). Растения, которые не попали под обработку, хоть и не интенсивно, но увеличивали синтез ИУК и ГК, и их суммарное содержание на 12-й день учета возросло на 27,4 % до 30,7 мкг/г сухого вещества. На 4-й день во всех вариантах обработки количество гормонов было ниже в сравнении с контролем. В варианте применения ретарданта Моддус у растений отмечено снижение гормонов вплоть до 12-го дня. В случае применения Мессидора содержание гормонов стало увеличиваться, однако все же осталось ниже контрольных образцов на 13,0 %, а при применении ретарданта Серон даже незначительно превысило контроль.

Анализ массива данных по содержанию определяемых гормонов показал наибольшее их суммарное содержание в сравнении с другими сортами у сорта *Мустанг*, причем как по количеству гибберелловой кислоты, так и индолилук-

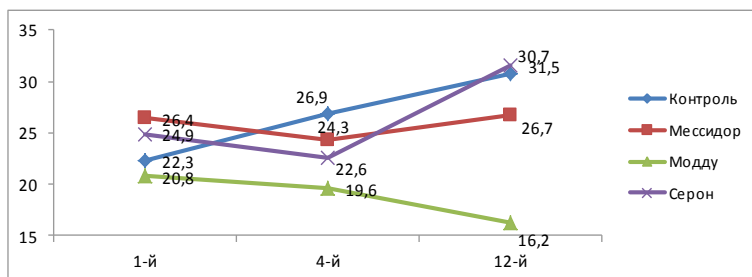


Рисунок 6 – Суммарное содержание гормонов в зеленой массе ячменя сорта *Адаман* через 24 часа после обработки регуляторами роста, мкг/г сухого вещества

сусной. Установлено соотношение ГБ и ИУК в растениях: у *Мустанга* и *Адамана* примерно равное – 56%:44%, а у *Рейдера* – 70%:30%.

Полученные результаты свидетельствуют, что ретарданты оказывают влияние не только на гормон роста ГК, но и гормообразовательный гормон – ИУК. Дальнейшие учеты по морфологическому строению растений ячменя подтвердили взаимосвязь между содержанием гормонов роста и гормообразования с продуктивным кущением ярового ячменя.

Установлено, что применение регуляторов роста Моддус и Серон на всех сортах ячменя хоть и незначительно, но снижает плотность продуктивного стеблестоя. В случае же применения регулятора роста Мессидор плотность продуктивного стеблестоя возрастает на 11 % (*Рейдер*); 12,6 % (*Мустанг*) и 5,1 % (*Адаман*) (рисунок 7).

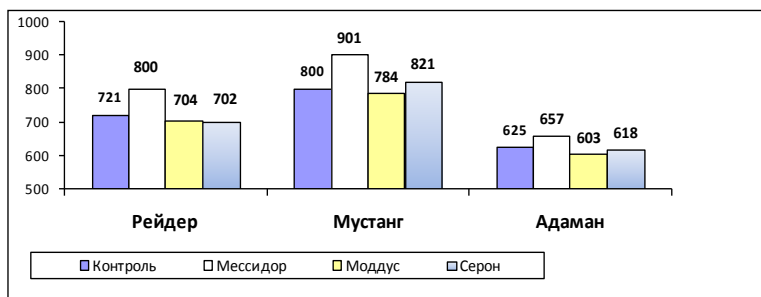


Рисунок 7 – Влияние регуляторов роста на плотность продуктивного стеблестоя, шт/м²

Различные сорта ярового ячменя при равных прочих условиях возделывания формируют значительно разную урожайность. От в среднем по опыту 81,5 ц/га у сорта *Рейдер* и 66,0 ц/га у сорта *Мустанг* до 44,8 ц/га у сорта голозерного ячменя *Адаман*. Структурный анализ урожайности показал, что несмотря на то, что *Мустанг* формировал наибольшую плотность продуктивного стеблестоя (в среднем по опыту 826 шт./м²), что на 96 шт./м² больше чем у *Рейдера* и на 200 шт./м² больше, чем у *Адамана*. За счет значительно меньшей массы 1000 семян

(в среднем 44,5 г) и меньшего числа зерен в колосе (в среднем 19,0 шт.) в сравнении с данными показателями у сорта *Рейдер* (51,8 г и 22,7 шт.) средняя урожайность *Мустанга* была ниже на 15,5 ц/га.

Наименьшие показатели триады урожайности были у сорта ячменя *Адаман*: плотность продуктивного стеблестоя в среднем составила 625 шт./м², число зерен в колосе 18,3 шт., масса 1000 зерен 43,6 г.

Несмотря на то, что растения ячменя сорта *Мустанг* синтезировали наибольшее количество гормонов ИУК и ГК в период выхода растений в трубку, урожайность же сформировалась средняя среди изучаемых сортов (66,0 ц/га). Можно предположить, что связано это было с резким падением количества гормонов к концу выхода ячменя в трубку. Суммарное количество гормонов к концу выхода в трубку у растений сорта *Рейдер* росло, т.е. растения активно синтезировали как гормон роста, так и формообразовательный гормон, несмотря на то, что имели меньший гормональный статус в сравнении с растениями сорта ячменя *Мустанг*. Самую низкую урожайность сформировал голозерный сорт ячменя *Адаман* – в среднем 44,8 ц/га, что можно связать с самым низким гормональным статусом (рисунок 8).

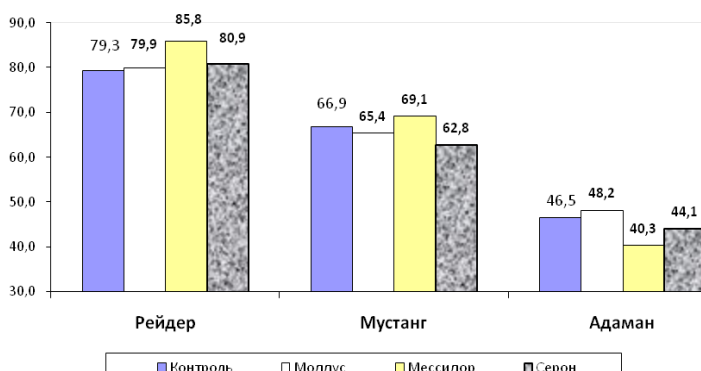


Рисунок 8 – Влияние регуляторов роста на урожайность ярового ячменя, ц/га

О связи между содержанием рассматриваемых гормонов с урожайностью культуры пока сложно говорить, так как значимых отклонений урожайности в опыте установлено не было, кроме вариантов применения ретарданта Мессидор на *Рейдере*, где получено дополнительно 6,5 ц/га при НСР₀₅ 6,1 и ретарданта Моддус на *Адамане* – +6,2 ц/га при НСР₀₅ 4,3.

Заключение

Содержание в растениях ярового ячменя в фазу выхода культуры в трубку гиббереллинов (гиббереллиновой кислоты) выше, чем содержание ауксинов (3-индолилуксусной кислоты).

Суммарное содержание 3-ИУК и ГБ₃ в растениях ячменя сорта *Мустанг* на первый день учета в 2,0 и 3,0 раза было выше, чем у сортов *Рейдер* и *Адаман*,

на четвертый день – в 1,9 и 2,5 раза, на двенадцатый день – в 0,6 и 0,7 раза соответственно.

Соотношение гормонов ГБ и ИУК в растениях у *Мустанга* и *Адама* примерно равное – 56 % : 44 %, а у Рейдера – 70 % : 30 %.

Использование препаратов Моддус и Мессидор значительно снижает содержание ГБ в растениях ячменя *Мустанг*, в среднем за учетный период с 46,3 мкг/г в контроле до 13,9 мкг/г и 36,8 мкг/г соответственно. На сорте ячменя Рейдер значимое изменение содержания ГБ не установлено.

Все препараты оказывали стимулирующее действие на синтез ауксина (3-ИУК) на сорте *Рейдер* с 8,9 мкг/г сухого вещества в контроле до 17,8 мкг/г (Моддус). Повышенное содержание ИУК во всех вариантах опыта сохранилось и на 4-е сутки – с 7,9 до 12,6 мкг/г. В растениях ячменя сорта *Мустанг* значимое изменений ИУК не установлено.

Отклонения по содержанию гормонов в растениях ячменя сорта *Адаман* после обработки характеризовались как незначительные, однако при применении ретарданта Моддус наблюдалась устойчивая тенденция снижения суммы гормонов.

Применение регуляторов роста Моддус и Серон на всех сортах ячменя хоть и незначительно, но снижает плотность продуктивного стеблестоя. В случае же применения регулятора роста Мессидор плотность продуктивного стеблестоя возрастает на 11 % (*Рейдер*); 12,6 % (*Мустанг*) и 5,1 % (*Адаман*).

Сорта ярового ячменя при равных прочих условиях возделывания формируют достоверно разную урожайность. От в среднем по опыту 81,5 ц/га у сорта *Рейдер* и 66,0 ц/га у сорта *Мустанг* до 44,8 ц/га у сорта голозерного ячменя *Адаман*, что может быть связано не только с разным уровнем гормонального статуса сортов, но и различным распределением гормонов по фазам роста и развития.

Литература

1. Crop health guide. Maximizing Plant Genetic Expression / Stoller USA. – 2004. – 20 с.
2. Plant Hormones, 2nd ed. / Editors: Davies, P.J. – 1995– 486 p.
3. Курапов, П.Б. Гормональный баланс растений. Методы его изучения и регулирования // Автореферат дис. ... д-ра биол. наук / П.Б. Курапов. – М.: Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева, 1996. – 45 с.
4. Муромцев, Г.С. Основы химической регуляции роста и продуктивности растений / Г.С. Муромцев, Д.И. Чкаников, О.Н. Кулаева, К.З. Гамбург. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 383 с.

CONTENT OF 3-INDOLEACETIC AND GIBBERELIC ACIDS IN SPRING BARLEY PLANTS DURING VEGETATION **I.G. Brui, E.L. Dolgova**

The paper presents the results of the hormone level assessment in plants of spring barley of three varieties – Magutny, Reider and Adaman. The effect of growth regulators Messor, Moddus and Seron on the content of 3-indoleacetic and gibberelic acids in barley plants during stem elongation is established.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПРОТЕИНА В ЗЕРНЕ И ЕГО СБОР ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

С.А. Пынтиков, Д.Н. Куцев, А.П. Гвоздов, кандидат с.-х. наук, **Л.А. Булавин**,
доктор с.-х. наук

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 20.04.2021)*

Рецензент: Скируха А.Ч., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований зависимости содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы от условий выращивания. Установлено, что на дерново-подзолистой супесчаной почве в Центральной зоне Беларуси изучаемые факторы изменяли указанный выше показатель на 0,1-5,1 % или 0,7-60,7 % в относительном выражении. Наибольшее влияние на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы оказывало внесение азота весной, погодные условия в весенне-летний период вегетации и применение гербицидов. Под влиянием этих факторов сбор сырого протеина с 1 га увеличивался в 1,1-2,8 раза в зависимости от особенностей технологии возделывания озимой пшеницы.*

Важнейшее значение для повышения эффективности земледелия имеет не только получение высокой и стабильной урожайности сельскохозяйственных культур, но и улучшение качества выращиваемой продукции. Одним из основных показателей качества зерна является содержание в нем белка (протеина). Недостаток белка и низкая биологическая ценность его в кормах приводят к их перерасходу и повышению себестоимости животноводческой продукции [9]. Содержание белка в зерне является также косвенным показателем его хлебопекарных свойств. Установлено, что для выпечки дрожжевого хлеба содержание белка в зерне должно превышать 12 % [10].

На качество зерна, в том числе и содержание в нем белка, оказывают влияние ряд факторов. Поэтому знание закономерностей по изменению этого показателя под влиянием условий выращивания имеет важное значение, так как дает возможность регулировать формирование качественных показателей зерна с учетом требований к выращиваемой продукции.

Материалы и методика исследований. В 2016-2018 гг. в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (содержание гумуса – 2,45-2,67 %, P_2O_5 – 303-314 мг/кг, K_2O – 289-301 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,9-6,3) изучали зависимость продуктивности и качества зерна озимой пшеницы от основных элементов технологии возделывания. В качестве предшественников использовали горох, рапс, овес. Озимую пшеницу возделывали по отвальной, безотвальной, мелкой обработке почвы. Предпосевную ее обработку проводили агрегатом АКШ-3,6, а посев озимой пшеницы с помощью комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата KUHN Fastliner

3000. Технология возделывания озимой пшеницы за исключением изучаемых факторов проводилась в соответствии с отраслевым регламентом [2]. Метеорологические условия в период проведения исследований существенно различались, как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. За основную часть периода вегетации озимой пшеницы в 2016 г. сумма активных температур превысила норму на 9,6 %, в 2017 г. этот показатель был ниже нормы на 5,5 %, а в 2018 г. превышал ее на 14,9 %. Количество атмосферных осадков за указанный выше период в 2016 г. было ниже нормы на 40,6 %, в 2017 г. на 5,9 %, а в 2018 г. на 46,6 %. Гидротермический коэффициент (ГТК) составил в эти годы соответственно 0,92; 1,70; 0,77 при норме в регионе, где проводили исследования, 1,69.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что на урожайность и качество зерна озимой пшеницы значительное влияние оказывают погодные условия в период вегетации этой культуры. По мнению исследователей, зерно наивысшего качества формируется при среднем или даже недостаточном количестве осадков [4, 8, 10]. Оптимальными условиями для накопления белка является температура 20-24 °C [6]. В холодную погоду при повышенной влажности воздуха в зерне накапливается больше углеводов и меньше белка. В засушливые годы в зерне отмечается повышенное содержание белка. Это обусловлено тем, что при недостатке влаги формируется меньшая урожайность зерна, в результате чего повышаются его качественные показатели [8, 12]. На содержание белка в зерне определенное влияние также оказывает интенсивность освещения растений, от которой зависит протекание в них фотосинтеза и других биохимических процессов [5].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что при возделывании озимой пшеницы сорта *Августина* после овса с уборкой его соломы с поля по вспашке без применения в весенне-летний период азотных удобрений содержание сырого протеина в зерне составило в 2016 г. 8,4 %, в 2017 г. 7,6 %, в 2018 г. 8,5 %. В аналогичном варианте с возделыванием этой культуры после рапса указанный выше показатель был равен соответственно 8,8; 8,0; 8,6 %, а после гороха 9,0; 8,2; 9,0 %. Следовательно, под влиянием погодных условий изменение содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы при ее возделывании после указанных выше предшественников составило на безазотном фоне соответственно 0,8-0,9; 0,6-0,8; 0,8 % (рисунок 1). В относительном выражении эти изменения были равны 10,5-11,8; 7,5-10,0; 9,8 %.

При использовании на посевах озимой пшеницы оптимальной дозы азота, которая в период проведения исследований составила $N_{70+70+20}$ и обеспечила наибольшую урожайность [3], содержание сырого протеина в зерне этой культуры при ее возделывании после овса, рапса и гороха по вспашке составило в 2016 г. соответственно 14,9; 14,4; 15,3 %, в 2017 г. – 10,5; 11,4; 11,5 %, в 2018 г. – 13,3; 13,4; 14,1%. Это свидетельствует о том, что при оптимальном уровне азотного питания растений изменение указанного выше показателя под влиянием погодных условий в годы исследований составило при возделывании озимой

пшеницы после овса 2,8-4,4 %, рапса 2,0-3,0 %, гороха 2,6-3,8 % (рисунок 2), то есть 26,7-41,9; 17,6-26,3; 22,6-33,1 % в относительном выражении.

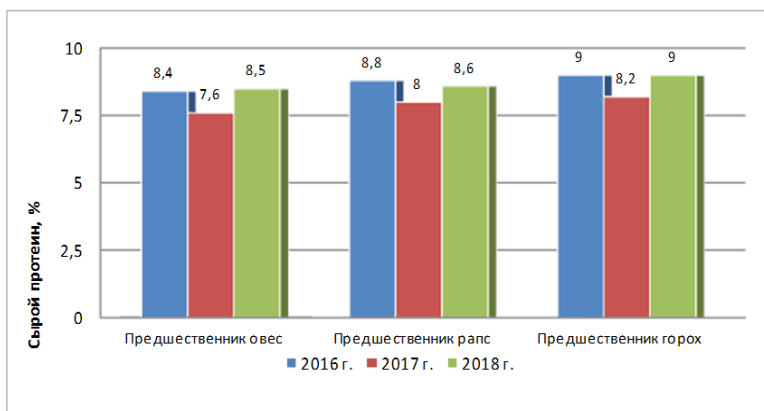


Рисунок 1 – Влияние погодных условий и предшественника на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы при возделывании без применения азота

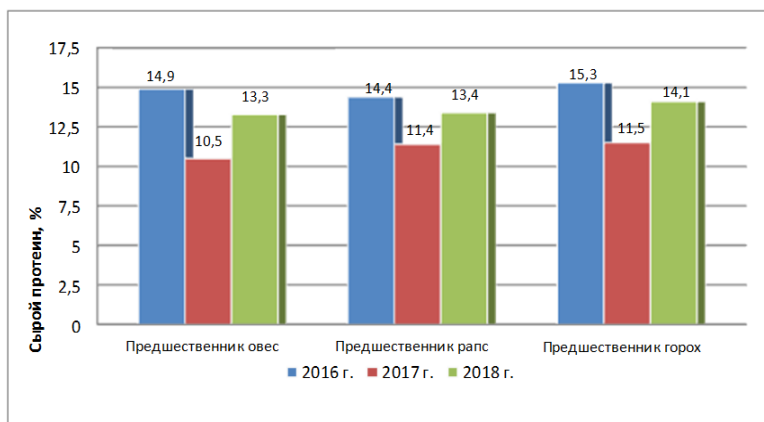


Рисунок 2 – Влияние погодных условий и предшественника на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы при дробном внесении азотных удобрений (N₇₀₊₇₀₊₂₀)

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что снижение содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы под влиянием неблагоприятных погодных условий при использовании оптимальной дозы азота было выше по сравнению с безазотным фоном в 3,5-4,9; 3,3-3,8; 3,3-4,8 раза зависимости от предшественника. Это связано, вероятно, с тем, что складывающиеся в период вегетации погодные условия в значительной степени влияют на потребление растениями азота из применяемых удобрений, которые в значитель-

ной степени определяют характер их влияния на урожайность зерна и его качество.

Установлено, что в период проведения исследований среди всех изучаемых факторов азотные удобрения оказали наибольшее влияние на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы. Так, если при возделывании этой культуры без применения азота указанный выше показатель в среднем по изучаемым способам обработки почвы составил за 2016-2018 гг. после овса, рапса и гороха 8,1; 8,2; 8,4 %, то при внесении возрастающих доз азота 11,2-12,7; 11,9-12,9; 12,2-13,5 % соответственно (таблица 1). Следовательно, под влиянием азотных удобрений содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы увеличивалось в зависимости от предшественника на 3,1-4,6; 3,7-4,7; 3,8-5,1 %, что составляет в относительном выражении 38,3-56,8; 45,1-57,3; 45,2-60,7 %.

Таблица 1 – Содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы в зависимости от предшественника, способа обработки почвы и дозы азота, % (среднее за 2016-2018 гг.)

Предшественник	Способ обработки почвы	Доза азота					
		N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	фон + N ₇₀₊₅₀	фон + N ₇₀₊₇₀	фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	среднее
Овес	Вспашка	8,2	11,4	11,8	12,9	12,7	11,4
	Чизелевание	8,1	11,1	11,5	12,7	12,9	11,3
	Дискование	7,9	11,2	11,6	12,5	12,5	11,1
	Среднее	8,1	11,2	11,6	12,7	12,7	11,3
Рапс яровой	Вспашка	8,5	12,0	12,2	13,1	13,0	11,8
	Чизелевание	8,1	12,0	12,2	13,0	12,9	11,6
	Дискование	8,0	11,7	11,9	12,7	12,7	11,4
	Среднее	8,2	11,9	12,1	12,9	12,9	11,6
Горох	Вспашка	8,7	12,2	12,5	13,6	13,7	12,1
	Чизелевание	8,4	12,2	12,5	13,5	13,5	12,0
	Дискование	8,2	12,2	12,4	13,3	13,2	11,9
	Среднее	8,4	12,2	12,5	13,5	13,5	12,0

Содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы зависело также от ее предшественников, которые различаются по количеству основных элементов минерального питания, поступающих в почву с их корневыми и пожнивными остатками [11], а также по влиянию на фитосанитарное состояние посевов последующей культуры [7]. Установлено, что при возделывании озимой пшеницы после овса содержание сырого протеина в зерне в среднем по изучаемым способам обработки почвы и дозам азота составило в 2016-2018 гг. 11,3 %, а после рапса и гороха 11,6 и 12,0 %, то есть увеличивалось по сравнению с зерновым предшественником соответственно на 0,3 и 0,7 % (таблица 1) или на 2,7 и 6,2 % в относительном выражении.

На содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы определенное влияние оказывают способы обработки почвы, которые в различной степени изменяют ее микробиологическую активность, интенсивность разложения ор-

ганического вещества пахотного горизонта, а также содержащихся в нем растительных остатков [7], и, как следствие этого, условия минерального питания растений. Известно, что эффективность способов обработки почвы в значительной степени определяется уровнем азотного питания растений [1]. В наших исследованиях при использовании оптимальной дозы азота ($N_{70+70+20}$) содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы, возделываемой после овса, рапса, гороха снижалось при замене вспашки чизелеванием в среднем за 2016-2018 гг. соответственно на 0,2; 0,1; 0,1 %, а дискованием на 0,4; 0,4; 0,3 % (таблица 1). В относительном выражении эти различия были равны соответственно 1,6; 0,8; 0,7 и 3,1; 3,1; 2,2 %. Следовательно, наименьшее снижение содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы под влиянием минимализации обработки почвы при оптимальном уровне азотного питания растений отмечалось при возделывании этой культуры после наиболее благоприятного зернобобового предшественника.

Определенное влияние на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы оказывают сортовые особенности этой культуры. Установлено, что при ее возделывании после рапса по вспашке с уборкой соломы предшественника с поля и внесением весной азота в дозе N_{70+70} содержание сырого протеина в среднем за 2016-2018 гг. составило у сорта *Августина* 13,5 %, *Элегия* – 13,3 %, *Мроя* – 12,9 % (таблица 2). Это свидетельствует о том, что сорт *Августина* превышал по содержанию сырого протеина в зерне сорта *Элегия* и *Мроя* соответственно на 0,2 и 0,6 %, т.е. на 1,5 и 4,4 % в относительном выражении.

Существенное влияние на содержание сырого протеина в зерне изучаемых сортов озимой пшеницы оказывало использование на удобрение соломы предшественного рапса (таблица 2). Это связано с тем, что для ее разложения микроорганизмы потребляют азот почвы [1]. Установлено, что у сорта *Августина* содержание сырого протеина в зерне снижалось при использовании соломы предшественного рапса на удобрение без дополнительного внесения азота осенью на 0,9-1,3 %, а с дополнительным применением N_{30} осенью – на 0,5-0,9 % в зависимости от способа обработки почвы. У сорта *Мроя* изменение содержания сырого протеина в зерне под влиянием указанных выше факторов составляло соответственно 0,1-0,2 и 0,1 %, а у сорта *Элегия* 0,1-0,2 и 0,2-0,4 %. Следовательно, под влиянием соломы предшественного рапса снижение содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы, возделываемой без дополнительного внесения азота осенью, составило в относительном выражении 0,8-9,6 %, а с дополнительным его использованием – 0,8-6,8 % в зависимости от сорта и способа обработки почвы. Четкой закономерности по влиянию на указанный выше показатель осеннего применения азота не отмечалось (таблица 2).

Известно, что применение микроэлементов повышает коэффициент использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений. Это оказывает положительное влияние на уровень урожайности возделываемых культур и качество выращиваемой продукции [1]. Установлено, что содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы сорта *Мроя*, возделываемой после клевера 1 г.п. с внесением азота N_{60+40} без применения микроудобрений составило

Таблица 2 – Влияние соломы предшествующего рапса, способов обработки почвы, дополнительного внесения азота осенью на содержание сырого протеина в зерне различных сортов озимой пшеницы, % (среднее за 2016-2018 гг.)

Использование соломы предшественника	Применение азота осенью	Способ обработки почвы	Сорт		
			Августина	Мроя	Элегия
Уборка соломы с поля	Без дополнительного азота	Вспашка	13,5	12,9	13,3
		Чизелевание	13,5	12,9	13,3
		Дискование	13,2	12,8	13,2
	N ₃₀ осенью	Вспашка	13,3	12,8	13,4
		Чизелевание	13,2	12,8	13,2
		Дискование	12,9	12,6	13,2
Солома на удобрение	Без дополнительного азота	Вспашка	12,2	12,8	13,1
		Чизелевание	12,5	12,7	13,2
		Дискование	12,3	12,7	13,0
	N ₃₀ осенью	Вспашка	12,5	12,7	13,1
		Чизелевание	12,3	12,7	13,0
		Дискование	12,4	12,5	12,8

в среднем за 2017-2018 гг. 12,9 %. При повышении дозы азота на 20 и 40 кг/га д.в. этот показатель был равен соответственно 13,1 и 13,4 %, т.е. увеличивался по сравнению с N₆₀₊₄₀ на 0,2 и 0,5 %, что составляет в относительном выражении 1,6 и 3,9 %. Применение на фоне N₆₀₊₄₀ комплексного микроудобрения Дисолвин АБЦ в фазу выхода в трубку (ДК 31-32) увеличивало содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы на 0,1 %, а в фазу флагового листа (ДК 37-39) – 0,2 %, т.е. на 0,8 и 1,6 % в относительном выражении. На фоне N₆₀₊₆₀ и N₆₀₊₆₀₊₂₀ наибольшее положительное влияние на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы препарат Дисолвин АБЦ оказал при внесении в фазу ДК 37-39, увеличив этот показатель на 0,3 %, что составляет в относительном выражении 2,2-2,3 % (таблица 3). Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что внесение комплексного микроудобрения Дисолвин АБЦ (0,2 кг/га) в фазу ДК 37-39 оказывало такое же влияние на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы, как дополнительное внесение азота в дозе 20 кг/га д.в.

Таблица 3 – Влияние азотных удобрений и препарата Дисолвин АБЦ на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы, % (среднее за 2017-2018 гг.)

Доза азота	Применение Дисолвин АБЦ		
	Контроль	ДК 31-32	ДК 37-39
N ₆₀₊₄₀	12,9	13,0	13,1
N ₆₀₊₆₀	13,1	13,0	13,4
N ₆₀₊₆₀₊₂₀	13,4	13,5	13,7

Установлено, что улучшению минерального питания растений способствует уничтожение с помощью гербицидов сорняков, которые могут потреблять значительное количество питательных веществ из почвы и удобрений [13]. При возделывании озимой пшеницы без применения гербицидов содержание сырого протеина в зерне составило в среднем за 2016-2018 гг. 10,9 %. При использовании в фазу весеннего кушения культуры гербицида Марафон, ВК 3,5 л/га этот показатель был равен 11,6 %, а гербицида Комплит Форте, КС 0,4 и 0,6 л/га – 12,3 и 12,5 %. Следовательно, проведение химической прополки озимой пшеницы увеличило содержание сырого протеина в зерне на 0,7-1,6 % в зависимости от используемого гербицида (рисунок 3), что составляет в относительном выражении 6,4-14,7 %.

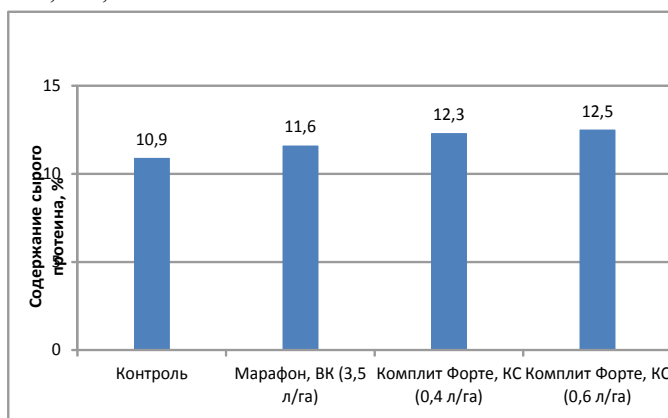


Рисунок 3 – Влияние гербицидов на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы (среднее за 2016-2018 гг.)

Важным показателем, характеризующим уровень продуктивности зерновых культур, является сбор сырого протеина с 1 га. Проведенные расчеты свидетельствуют о том, что в среднем за 2016-2018 гг. наибольшим этот показатель (7,5 ц/га) был при возделывании озимой пшеницы после гороха по вспашке с внесением азота в дозе $N_{70+70+20}$ или $N_{70+70+20+20}$. Примерно на таком же уровне (7,4 ц/га) сбор протеина находился в вариантах, где озимую пшеницу возделывали по чизелеванию после гороха с внесением указанных выше доз азота. Наименьший сбор сырого протеина с 1 га был получен при возделывании озимой пшеницы после овса по дискованию без внесения азота весной – 2,7 ц/га, что ниже по сравнению с указанными выше вариантами в 2,7-2,8 раза (таблица 4).

При возделывании сортов озимой пшеницы *Августина*, *Элегия*, *Мроя* после рапса с внесением весной азота в дозе N_{70+70} наибольший сбор сырого протеина (6,4 ц/га) был получен у сорта *Августина* в вариантах с уборкой соломы предшественника с поля при отвальной и безотвальной обработке почвы. Наименьшим этот показатель был у сорта *Августина* при его возделывании с использованием соломы рапса на удобрение по дискованию без дополнитель-

Таблица 4 – Сбор сырого протеина при возделывании озимой пшеницы в зависимости от предшественника, способа обработки почвы и дозы азота, ц/га (среднее за 2016-2018 гг.)

Предшественник	Способ обработки почвы	Доза азота				
		N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	фон + N ₇₀₊₅₀	фон + N ₇₀₊₇₀	фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀
Овес	Вспашка	2,9	5,5	6,1	6,8	6,7
	Чизелевание	2,8	5,3	5,9	6,7	6,7
	Дискование	2,7	5,3	5,8	6,5	6,5
Рапс яровой	Вспашка	3,2	6,1	6,4	7,1	7,0
	Чизелевание	3,0	6,0	6,5	7,1	7,0
	Дискование	2,9	5,8	6,2	6,8	6,8
Горох	Вспашка	3,4	6,3	6,7	7,5	7,5
	Чизелевание	3,2	6,3	6,7	7,4	7,4
	Дискование	3,1	6,2	6,6	7,3	7,2

ного внесения азота осенью – 5,5 ц/га, что в 1,2 раза ниже по сравнению с указанным выше вариантом (таблица 5).

Таблица 5 – Сбор сырого протеина при возделывании озимой пшеницы в зависимости от сорта, использования соломы предшествующего рапса, способа обработки почвы и внесения азота осенью, ц/га (среднее за 2016-2018 гг.)

Использование соломы предшественника	Применение азота осенью	Способ обработки почвы	Сорт		
			Августина	Мроя	Элегия
Уборка соломы с поля	Без дополнительного азота	Вспашка	6,4	6,1	6,3
		Чизелевание	6,4	6,0	6,3
		Дискование	6,1	5,9	6,2
	N ₃₀ осенью	Вспашка	6,3	5,9	6,3
		Чизелевание	6,2	6,0	6,2
		Дискование	5,9	5,8	6,2
Солома на удобрение	Без дополнительного азота	Вспашка	5,6	5,9	5,8
		Чизелевание	5,8	5,7	5,9
		Дискование	5,5	5,7	5,7
	N ₃₀ осенью	Вспашка	5,8	5,9	5,9
		Чизелевание	5,7	5,9	5,9
		Дискование	5,7	5,7	5,7

Установлено, что при возделывании озимой пшеницы без применения гербицидов сбор сырого протеина составил в среднем 5,3 ц/га. При внесении в фазу весеннего кушения гербицидов Марафон, ВК 3,5 л/га, Комплит Форте, КС 0,4 и 0,6 л/га этот показатель находился в пределах 6,0-6,6 ц/га, т.е. увеличивался в 1,1-1,2 раза (рисунк 4).

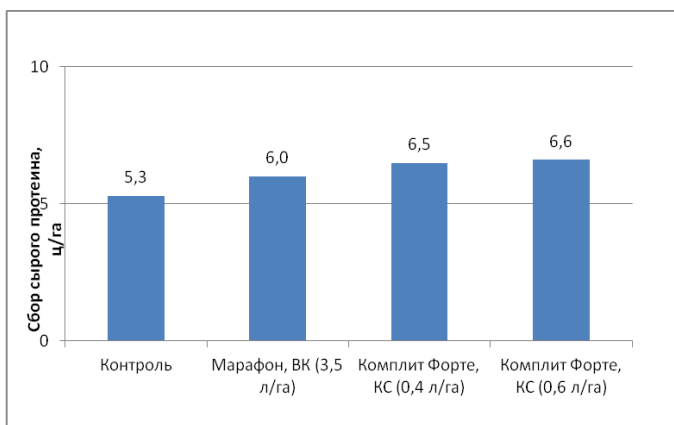


Рисунок 4 – Влияние гербицидов на сбор сырого протеина при возделывании озимой пшеницы (среднее за 2016-2018 гг.)

При возделывании озимой пшеницы после клевера 1 г.п. наибольший сбор сырого протеина (7,5 ц/га) был получен в варианте с использованием азота в дозе $N_{60+60+20}$ и внесением в фазу флагового листа этой культуры комплексного микроудобрения Дисолвин АБЦ (0,2 кг/га). В варианте, где применяли азот в дозе N_{60+40} и не использовали Дисолвин АБЦ, этот показатель был равен 6,2 ц/га, т.е. снижался в 1,2 раза (таблица 6).

Таблица 6 – Сбор сырого протеина при возделывании озимой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания растений и сроков внесения комплексного микроудобрения Дисолвин АБЦ, ц/га (среднее за 2017-2018 гг.)

Доза азота	Применение Дисолвин АБЦ		
	Контроль	ДК 31-32	ДК 37-39
N_{60+40}	6,2	6,5	6,7
N_{60+60}	6,6	6,8	7,2
$N_{60+60+20}$	6,9	7,2	7,5

Выводы

1. При проведении исследований содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы в 2016 г. находилось в пределах 8,4-15,3 %, в 2017 г. – 7,6-11,5 %, в 2018 г. – 8,5-14,1 % в зависимости от предшественника и дозы азота. Под влиянием погодных условий изменение этого показателя на безазотном фоне составило 0,6-0,9 %, а при внесении оптимальной дозы азота ($N_{70+70+20}$) 2,0-4,4 %, т.е. 7,5-11,8 и 17,6-41,9 % в относительном выражении.

2. Среди всех изучаемых факторов наибольшее влияние на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы оказали азотные удобрения, вносимые весной. Под влиянием возрастающих доз азота этот показатель увеличивался в среднем по изучаемым способам обработки почвы в зависимости от предше-

ственников на 3,1-5,1 или 38,3-60,7 % в относительном выражении. Четкой закономерности по влиянию внесения азота осенью на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы не отмечалось.

3. При возделывании озимой пшеницы после рапса и гороха содержание сырого протеина в зерне в среднем по изучаемым способам обработки почвы и дозам азота увеличивалось по сравнению с зерновым предшественником (овес) соответственно на 0,3 и 0,7 %. При замене вспашки чизелеванием на оптимальном уровне азотного питания растений ($N_{70+70+20}$) этот показатель снижался на 0,1-0,2 %, а дискованием на 0,3-0,4 %. В относительном выражении его изменение под влиянием изучаемых предшественников находилось в пределах 2,7 и 6,2 %, а способов обработки почвы – 0,7-3,1 %.

4. При возделывании озимой пшеницы по вспашке после рапса с уборкой его соломы с поля и внесением весной азота в дозе N_{70+70} сорт *Августина* превышал по содержанию сырого протеина в зерне сорта *Элегия* и *Мроя* соответственно на 0,2 и 0,6 %. При использовании соломы предшествующего рапса на удобрение этот показатель снижался на 0,1-1,3 % в зависимости от сорта, способа обработки почвы и дополнительного внесения азота осенью. В относительном выражении под влиянием сортовых особенностей содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы изменялось на 1,5-4,4 %, а соломы рапса на 0,8-9,6 %.

5. Применение на посевах озимой пшеницы в фазу весеннего кущения гербицидов Марафон, ВК 3,5 л/га и Комплит Форте, КС 0,4 и 0,6 л/га повышало по сравнению с контролем содержание сырого протеина в зерне на 0,7-1,6 %, а внесение в фазу выхода в трубку или флагового листа комплексного микроудобрения Дисолвин АБЦ (0,2 кг/га) увеличивало этот показатель на 0,1-0,3 %. В относительном выражении его изменение под влиянием указанных выше агроприемов составило соответственно 6,4-14,7 и 0,8-2,3 %.

6. При возделывании озимой пшеницы после гороха по вспашке или чизелеванию с внесением оптимальной дозы азота ($N_{70+70+20}$) сбор сырого протеина с 1 га увеличивался в 2,7-2,8 раза в сравнении с выращиванием этой культуры после зернового предшественника по мелкой обработке почвы без использования азота. При оптимальном уровне азотного питания растений указанный выше показатель увеличивался в 1,1-1,2 раза за счет применения комплексного микроудобрения Дисолвин АБЦ (0,2 кг/га), проведения химической прополки посевов, отказа от использования соломы предшествующего рапса на удобрение.

Литература

1. Булавин, Л.А. Агроэкономические основы ресурсосберегающего и природоохранного земледелия в Беларуси / Л.А. Булавин, А.П. Гвоздов, А.Ч. Скируха. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 220 с.
2. Возделывание озимой пшеницы. Отраслевой регламент / Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 45-63.

3. Гвоздов, А.П. Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников, способов обработки почвы и применения азотных удобрений / А.П. Гвоздов, Л.А. Булавин, Д.Н. Куцев // Вестник БГСХА. – 2018. – № 4. – С. 87-92.
4. Грабовец, А.И. Озимая пшеница / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко. – Ростов-на-Дону: ООО издательство Юг, 2007. – 600 с.
5. Губанов, Я.В. Озимая пшеница / Я.В. Губанов, Н.Н. Иванов; под ред. Ю.П. Ковырялова. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 303 с.
6. Жемела, Г.П. Агроэкологические факторы повышения качества зерна озимой пшеницы / Г.П. Жемела // Полтавская государственная аграрная академия. – Полтава, 2005. – Т. 4. – С. 115-119.
7. Земледелие: учебник / П.И. Никончик [и др.]; под ред. П.И. Никончика, В.Н. Прокоповича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 584 с.
8. Коломиец, Л.А. Формування показників якості зерна пшениці озимой залежно від гідротермічних умов у листостепу України / Л.А. Коломиец [и др.] // Науково-технічний бюллетень. – Миронівка, 2010. – Вып. 10 – С. 93-107.
9. Лапа, В.В. Эффективность комплексного применения минеральных удобрений и средств химизации при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах / В.В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1 – С. 123-139.
10. Мухаметов, Э.М. Технология производства и качество продовольственного зерна / Э.М. Мухаметов [и др.]. – Минск: Дизайн ПРО. – 1996. – 256 с.
11. Скируха, А.Ч. Корневые и пожнивные остатки полевых культур в севообороте как резерв повышения содержания основных элементов минерального питания в почве / А.Ч. Скируха, Л.Н. Грибанов, А.А. Усень // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2017. – Вып. 53. – С. 13-19.
12. Созинов, А.А. Проблемы увеличения белковости зерна пшеницы / А.А. Созинов, А.Н. Хохлов, Ф.А. Попереля // Проблемы повышения качества зерна: сб. науч. тр. – М., 1997. – С. 18-30.
13. Сорока, С.В. Распространенность и вредоносность сорных растений в посевах озимых зерновых культур в Беларуси / С.В. Сорока, Л.И. Сорока // РУП «Ин-т защиты растений». – Минск: Колосград, 2016. – С. 83-84.

INFLUENCE OF DIFFERENT FACTORS ON PROTEIN CONTENT IN GRAIN AND ITS YIELD IN WINTER WHEAT CULTIVATION

S.A. Pyntikov, D.N. Kutsev, A.P. Gvozдов, L.A. Bulavin

The paper presents the results of the research on relation of crude protein content in winter wheat grain to the conditions of cultivation. It was established that the studied factors changed the above mentioned indicator by 0.1-5.1 % or 0.7-60.7 % in relative terms on sod-podzolic sandy loam soil in the Central zone of Belarus. Nitrogen application in spring, weather conditions during the spring and summer period and herbicides application had the greatest effect on crude protein content in winter wheat grain. Under the influence of those factors the yield of crude protein per hectare increased by 1.1-2.8 times in relation to winter wheat cultivation technology.

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОСЕВОВ ОЗИМОГО РАПСА МИКРОБНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН

Я.Э. Пилюк, В.М. Белявский, Т.Н. Лукашевич, кандидаты с.-х. наук,
Г.В. Сафронова*, канд. биол. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

**ГУ «Институт микробиологии НАН Беларуси»*

(Поступила 01.04.2020)

Рецензент: Холодинский В.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Исследованиями установлено, что обработка посевов озимого рапса микробными препаратами азотфиксирующего и фосфатмобилизирующего действия в период активного роста растений и высокой потребности в элементах питания является эффективным приемом повышения урожайности культуры без увеличения экологической нагрузки на окружающую среду. Проведение некорневой подкормки озимого рапса в фазу стеблевания (ДК 30-33) микробными препаратами АгроМик, Бактопин и Гордебак при норме расхода 4 л/га способствовало повышению урожайности маслосемян на 6,1-7,3 ц/га или на 14,1-16,9 % по отношению к контрольному варианту. При обработке посевов в фазу бутонизации (ДК 52-56) максимальная прибавка урожайности получена от препаратов Гордебак (5,3 ц/га или 12,0 %) и Бактопин (4,3 ц/га или 9,7 %). При применении изучаемых препаратов дважды (ДК 30-33+ДК 52-56) урожайность повышалась на 4,9-8,0 ц/га (11,2-18,3 %).

В агропромышленном комплексе Республики Беларусь значительное внимание уделяется увеличению производства растительного масла и белка. Рапс – культура, продукты из которой можно использовать в пищевых, технических и кормовых целях. В семенах озимого рапса содержится 44-50 % высококачественного масла, 22-25 % белка, 6-8 % клетчатки и 24-26 % безазотистых экстрактивных веществ.

В мире наблюдается изменение основной концепции развития сельского хозяйства – переход от интенсивного к устойчивому, экологически ориентированному производству. Одним из перспективных приемов оптимизации возделывания озимого рапса и снижения доз внесения минеральных удобрений или повышения эффективности их использования является применение микробных препаратов на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов, обладающих комплексным механизмом действия. В отличие от дорогостоящего минерального азота, который экологически небезопасен и усваивается наполовину, биологический азот достается растениям почти даром и экологически безвреден. Путем рационального использования симбиотрофных и ас-

социативных азотфиксирующих бактерий в развитых странах сокращают на 25-40 % потребление минеральных азотных удобрений на 1/3 посевных площадей зерновых и зернобобовых культур [1]. Значение азотфиксации при ассоциативных взаимоотношениях небобовых культур в целом меньше, чем при симбиозе у бобовых растений и составляет 20-40 % их потребности в азоте. У некоторых культур размеры азотфиксации достигают 200-600 кг/га азота [2]. Значение несимбиотических диазотрофов долгое время недооценивалось, их вклад в пополнение азотного фонда почвы считался незначительным. В настоящее время в науке накоплен большой экспериментальный материал об ассоциативной азотфиксации, попыткам ее усиления и практического использования у многих культур: пшеницы, ячменя, кукурузы, риса, картофеля, кормовых трав и овощных культур [3, 4].

Урожайность растений (кроме азота) лимитируется дефицитом второго по значимости элемента питания – фосфора, валовые запасы которого в почвах достигают 10-20 т/га [5]. Из фосфорных удобрений используется лишь 25 % фосфора, а в результате микробиологической фосфатмобилизации из труднорастворимых фосфатов дополнительно высвобождается от 10 до 40 % P_2O_5 [6, 7]. Установлено, что фосфатмобилизирующие микроорганизмы являются представителями рода *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Agrobacterium* и более широко представлены в ризосфере почвы [8]. Кроме азотфиксирующей и фосфатмобилизирующей способности почти все диазотрофы и некоторые виды фосфатмобилизирующих бактерий стимулируют ростовые и органосинтетические процессы растений [9].

Таким образом, использование потенциала полезной почвенной и ризосферной микрофлоры, среди которой значимое место занимают азотфиксирующие и фосфатмобилизирующие микроорганизмы, а также биопрепараты и удобрения на их основе как одно-, так двух- и многокомпонентные, является одним из важных направлений современного земледелия. В Беларуси до настоящего времени микробные препараты в технологии возделывания рапса практически не использовались. В последнее время в нашей стране и за рубежом разработан целый ряд эффективных биопрепаратов на основе различных штаммов микроорганизмов, обладающих комплексом полезных свойств. В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» проведены исследования и получены положительные результаты по влиянию микробных препаратов на продуктивность и качество продукции зерновых культур и ярового рапса.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2017-2019 гг. Агрохимические показатели почвы: $pH_{\text{кел}}$ – 5,8-6,2; содержание гумуса – 1,8-2,0 %, P_2O_5 – 140-180 мг/кг, K_2O – 182-230 мг/кг почвы. Предмет исследований – рапс озимый сорт *Империял*, который использовали с целью изучения влияния некорневой подкормки микробными препаратами на его урожайность и качество. Объектом исследования были три препарата – АгроМик, Бактопин и Гордебак, созданные в ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» [10].

Препараты вносили на посевы озимого рапса в виде некорневой подкормки в фазу стеблевания (ДК 30-33), бутонизации (ДК 52-56) и двукратно с нормой расхода 2 и 4 л/га.

При возделывании озимого рапса применяли общепринятую для центральной части Беларуси технологию. Посев проводили в оптимальные сроки. Предшественник – зерновые культуры. Учетная площадь делянки 10 м², повторность 4-кратная. Норма высева 0,8 млн всхожих семян на гектар.

Погодные условия за годы исследований в целом складывались благоприятно для роста и развития культуры, но существенно отличались от многолетних значений и между собой по влагообеспеченности.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенные нами испытания микробиологических удобрений для инокуляции семян озимого рапса показали их высокую эффективность [10, 11]. Поэтому представляет теоретический и практический интерес изучение применения их в период максимальной потребности растений рапса в питании в виде некорневых подкормок.

По результатам трехлетних исследований самая высокая агрономическая эффективность установлена при некорневых подкормках микробными препаратами посевов озимого рапса в фазу стеблевания (ДК 30-33) и норме их расхода 4 л/га. В среднем за 2017-2019 гг. наибольшая прибавка урожайности маслосемян к контролю была получена при внесении препаратов Гордебак (7,3 ц/га или 16,9 %) и АгроМик (7,0 ц/га или 16,2 %), несколько ниже по препарату Бактопин – 6,1 ц/га или 14,1 % (таблица 1). При этом отмечены большие колебания урожайности маслосемян по годам. Так, в 2017 г. средняя по трем препаратам урожайность составила 66,3 ц/га, в неблагоприятном 2018 г. – 39,1, в 2019 г. – 44,4 ц/га и превысила вариант без некорневой подкормки на 19,2; 12,7 и 14,1 % соответственно.

При проведении некорневой подкормки в фазу бутонизации озимого рапса (ДК 52-56) максимальная урожайность маслосемян получена по препаратам Гордебак (49,6 ц/га) и Бактопин (48,6 ц/га) при норме их расхода 4 л/га, что выше контрольного варианта соответственно на 5,3 и 4,3 ц/га или 12,0 % и 9,7 %. Применение микробного препарата АгроМик в эту же фазу обеспечило невысокую, но достоверную прибавку урожайности к контролю – 3,2 ц/га или 7,2%.

Внесение микробных удобрений в период вегетации двукратно (ДК 30-33+ДК 52-56) способствовало повышению урожайности маслосемян озимого рапса при норме расхода препаратов 2,0 л/га на 2,8-3,7 ц/га, при норме расхода 4,0 л/га на 4,9-8,0 ц/га, что составило 6,4-8,5 % и 11,2-18,3 % к контрольному варианту. Самым эффективным было применение препаратов Гордебак и АгроМик с нормой расхода 4 л на 1 га.

Следует отметить наиболее стабильное положительное влияние на продуктивность озимого рапса за годы исследований биологического препарата Гордебак, о чем свидетельствуют полученные результаты. Так, при проведении не-

Таблица 1 – Влияние некорневой подкормки микробными препаратами на урожайность маслосемян озимого рапса

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожайность, ц/га			Среднее	Прибавка ± к контролю	
		2017 г.	2018 г.	2019 г.		ц/га	%
Фаза стеблевания (ДК 30-33)							
Контроль	-	55,6	34,7	38,9	43,1	-	-
АгроМик	2,0	62,1	36,4	44,0	47,5	4,4	10,2
	4,0	69,0	36,4	45,0	50,1	7,0	16,2
Бактопин	2,0	60,7	37,0	43,6	47,1	4,0	9,3
	4,0	64,0	39,6	44,1	49,2	6,1	14,1
Гордебак	2,0	54,7	39,6	43,4	45,9	2,8	6,5
	4,0	65,9	41,3	44,1	50,4	7,3	16,9
НСР ₀₅		4,2	3,3	2,1			
Фаза бутонизации (ДК 52-56)							
Контроль	-	53,3	38,9	40,6	44,3	-	-
АгроМик	2,0	53,8	43,7	42,6	46,7	2,4	5,4
	4,0	55,6	43,2	43,7	47,5	3,2	7,2
Бактопин	2,0	54,9	43,5	44,0	47,5	3,2	7,2
	4,0	55,7	44,7	45,4	48,6	4,3	9,7
Гордебак	2,0	53,6	43,6	46,3	47,8	3,5	7,9
	4,0	57,8	44,3	46,7	49,6	5,3	12,0
НСР ₀₅		3,76	3,12	2,1			
Фаза стеблевания + фаза бутонизации (ДК 30-33+ДК 52-56)							
Контроль	-	57,5	33,8	39,6	43,6	-	-
АгроМик	2,0	63,5	33,9	44,5	47,3	3,7	8,5
	4,0	70,0	37,2	45,8	51,0	7,4	17,0
Бактопин	2,0	54,9	40,7	43,7	46,4	2,8	6,4
	4,0	59,3	41,3	45,0	48,5	4,9	11,2
Гордебак	2,0	57,8	39,1	44,3	47,1	3,5	8,0
	4,0	68,5	41,7	44,6	51,6	8,0	18,3
НСР ₀₅		4,2	3,06	2,56			

корневой подкормки посевов рапса данным препаратом с нормой расхода 4 л/га в фазу стеблевания урожайность маслосемян культуры в 2017 г. увеличилась на 18,5 %, в 2018 г. на 19,0 %, в 2019 г. на 13,4 %. Применение его в фазу бутонизации озимого рапса способствовало повышению урожайности соответственно на 8,4; 13,9 и 15,0 %, при двукратном внесении на 19,1; 23,4 и 12,6 % по сравнению с вариантом без некорневой подкормки. В то же время микробный препарат Бактопин в 2017 г. не обеспечил при двух последних сроках применения (в фазу бутонизации и двукратно) достоверного роста урожайности, в остальных вариантах прибавка к контролю составила 11,8-22,2 % в зависимости от года. Препарат АгроМик при некорневой подкормке посевов озимого рапса в фазу стеблевания также повысил урожайность маслосемян на 15,7-24,1 % (за исключением 2018 г., в котором прибавка к контролю была незначительной), в

фазу бутонизации – на 7,6-11,0 % (за исключением 2017 г. по той же причине), при двукратном применении рост урожайности во все годы составил 10,0-21,7 %.

Весенняя некорневая подкормка посевов озимого рапса микробными препаратами азотфиксирующе-фосфатмобилизирующего действия оказала значительное влияние на элементы архитектоники растений этой культуры к уборке, степень которого зависела как от препарата, так и от нормы их расхода и сроков применения (таблица 2). Так, при некорневой подкормке посевов озимого рапса в фазу стеблевания препаратом Гордебак высота растений к концу вегетации в среднем за три года составила 155,6-160,1 см, при применении в фазу бутонизации 164,0-164,5 см, превысив при этом контрольный вариант соответственно на 10,5-13,7 % и 6,6-7,0 %. При обработке посевов препаратами Бактопин и АгроМик превышение над контролем по высоте растений составило всего лишь 2,3-8,9 и 0,3-3,6 % соответственно.

Таблица 2 – Основные элементы архитектоники озимого рапса в зависимости от некорневого применения микробных препаратов (среднее за 2017-2019 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Высота растения, см	Число ветвей 1 порядка, шт.	Длина корня, см	Диаметр корневой шейки, см	Число стручков на растении, см
Фаза стеблевания (ДК 30-33)						
Контроль	-	140,8	6,9	18,0	1,3	141,1
АгроМик	2,0	142,5	7,4	18,5	1,4	154,7
	4,0	145,9	7,8	18,8	1,4	161,8
Бактопин	2,0	144,0	8,0	18,9	1,4	180,6
	4,0	153,3	8,3	19,3	1,5	189,8
Гордебак	2,0	155,6	8,3	19,0	1,4	182,1
	4,0	160,1	8,7	19,2	1,5	190,4
Фаза бутонизации (ДК 52-56)						
Контроль	-	153,8	6,5	16,5	1,3	156,5
АгроМик	2,0	154,2	7,1	17,0	1,4	164,3
	4,0	158,9	7,4	18,6	1,4	179,7
Бактопин	2,0	160,2	7,4	18,1	1,5	183,4
	4,0	163,8	7,7	18,9	1,5	187,7
Гордебак	2,0	164,0	8,0	18,9	1,5	200,2
	4,0	164,5	8,7	19,2	1,5	211,3

Длина корня в вариантах, где применялись микробные препараты, увеличилась на 2,8-16,4 %, а диаметр корневой шейки – на 7,7-15,4 % по сравнению с вариантом без некорневой подкормки.

Изучаемые препараты оказали стимулирующее действие на образование боковых ветвей первого порядка, численность которых является важным показателем формирования урожайности озимого рапса. При некорневой подкормке озимого рапса препаратом Гордебак в фазу стеблевания на одном растении пе-

ред уборкой насчитывалось 8,3-8,7 шт. боковых ветвей, при применении его в фазу бутонизации – 8,0-8,7 шт., несколько меньше их было по препарату Бактопин (8,0-8,3 и 7,4-7,7 шт./раст.) и еще слабее стимулировал образование боковых ветвей препарат АгроМик (7,4-7,8 и 7,1-7,4 шт./раст. при наличии их в контрольном варианте 6,5-6,9 шт./раст.).

Число стручков на растении – один из важнейших, но и наиболее изменчивых, элементов структуры урожая озимого рапса и в значительной степени зависящий от уровня питания культуры, подтверждение тому полученные нами результаты. В наших исследованиях при внесении микробного удобрения Гордебак в фазу стеблевания и бутонизации было сформировано наибольшее число стручков на растении – 182,1-190,4 и 200,2-211,3 шт., что выше контроля на 29,0-34,9 и 27,9-35,0 %. Сравнительно меньше насчитывалось их при применении препаратов Бактопин и АгроМик – 180,6-189,8 и 154,7-179,7 шт./раст., но все же их численность была выше, чем в вариантах без некорневой подкормки на 17,2- 34,5 и 5,0-14,8 % соответственно.

Увеличение нормы расхода препаратов с 2 до 4 л/га сопровождалось ростом всех показателей на всех вариантах, кроме показателя «диаметр корневой шейки».

При применении на посевах озимого рапса микробных препаратов в виде некорневых подкормок закономерного влияния на качество маслосемян не установлено (таблица 3). При первом сроке внесения содержание жира составило 43,3-44,6 % и было выше контрольного варианта на 0,2-1,5 абсолютных процента, при втором сроке 43,8-44,5 % и превысило контроль на 0,6-1,3 абсолютных процента. Средняя по трем препаратам масляность семян при некорневых подкормках в стадии ДК 30-33 составила 44,0 %, в стадии ДК 52-56 – 44,1 %, а разница с вариантами без обработки микробными препаратами – 0,9 %. Сырого белка в семенах содержалось в среднем 22,6 и 22,9 %, что было на уровне контроля.

Анализ жирнокислотного состава масла озимого рапса показал, что обработка посевов этой культуры микробными препаратами в фазу стеблевания способствовала повышению содержания олеиновой кислоты на 1,18-3,34 %, в фазу бутонизации – на 1,03-2,34 абсолютных процента и не привела к существенному увеличению содержания антипитательных веществ (эйкозеновая и эруковая кислоты) в нем и глюकोзинолатов в шроте.

Заключение

Обработка посевов озимого рапса микробными препаратами азотфиксирующего и фосфатмобилизирующего действия в период активного роста растений и высокой потребности в элементах питания является эффективным приемом повышения урожайности культуры без увеличения экологической нагрузки на окружающую среду. Проведение некорневой подкормки озимого рапса в фазу стеблевания (ДК 30-33) микробными препаратами АгроМик, Бактопин и Гордебак при норме расхода 4 л/га способствовало повышению урожайности маслосемян на 6,1-7,3 ц/га или на 14,1-16,9 % по отношению к контрольному

Таблица 3 – Влияние микробных препаратов на качество маслосемян озимого рапса при некорневой обработке (среднее за 2017-2019 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/т	Масличность, %	Белок, %	Глюкозинолаты, мкМоль/г
Фаза стеблевания (ДК 30-33)				
Контроль	-	43,1	22,6	15,7
АгроМик	2,0	43,3	22,8	14,9
	4,0	43,3	22,8	15,2
Бактопин	2,0	44,5	22,4	14,7
	4,0	44,0	22,6	14,9
Гордебак	2,0	44,2	22,6	15,8
	4,0	44,6	22,7	16,2
Фаза бутонизации (ДК 52-56)				
Контроль	-	43,2	22,8	15,7
АгроМик	2,0	44,5	22,6	15,8
	4,0	44,4	22,5	14,7
Бактопин	2,0	44,2	23,1	15,0
	4,0	43,8	23,2	15,2
Гордебак	2,0	44,0	22,8	15,8
	4,0	43,8	23,2	15,9

варианту. При обработке посевов в фазу бутонизации (ДК 52-56) максимальная прибавка урожайности получена от препаратов Гордебак (5,3 ц/га или 12,0 %) и Бактопин (4,3 ц/га или 9,7 %). При применении изучаемых препаратов дважды (ДК 30-33+ДК 52-56) урожайность повышалась на 4,9-8,0 ц/га, что составляет 11,2-18,3 % к контрольному варианту. Максимальное и наиболее стабильное по годам и срокам внесения повышение урожайности маслосемян озимого рапса обеспечивает биологический препарат Гордебак с нормой расхода 4 л на 1 га.

Литература

1. Умаров, М.М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М.М. Умаров, А.В. Кураков, А.Л. Степанов. – М.: ГЕОС, 2007. – 137 с.
2. Умаров, М.М. Ассоциативная азотфиксация. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 121 с.
3. Берестецкий, О.А. Фиксация азота микроорганизмами в ризосфере и ризоплане небобовых культур // Бюлл. ВНИИ с.-х. микробиологии. – 1985. – С. 3-5.
4. Боико, Л.И. Действие ассоциативных диазотрофов на зерновые культуры левобережной лесостепи Украины // Микроорганизмы – стимуляторы и ингибиторы растений и животных: Тез. докл. Всесоюз. конф., 3-5 окт. 1989. – Ташкент, 1989. Ч 1. – С. 29.
5. Гинзбург, К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. – М., Наука. – 1981. – 284 с.
6. Хмелинин, И.Н. Фосфор в подзолистых почвах и процессы трансформации его соединений. – Л., «Наука» Ленингр. отд. -1984. 150 с.
7. Павлова В.Ф. Мобилизация фосфатов алюминия и железа почвенными микроорганизмами: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.07 / В.Ф. Павлова ; Всесоюз. науч.-иссл. ин-т с.-х. микробиологии. – Л., 1984. – 17 с.
8. Суховицкая, Л.А. Свойства фосфатрастворяющих микроорганизмов, выделенных из сапропелей / Л.А. Суховицкая, Н.И. Мильто // Весці АН Беларусі. Серыя біялаг. навук. – 1992. – №1. – С. 52-55.

9. Merbach, W. Influence of microbial colonisation on $^{14}\text{CO}_2$ assimilation and amounts of root-borne ^{14}C compounds in soil / W. Merbach, S. Ruppel // Photosynthetica. – 1992. – V 26, №4. – P. 551-554.

10. Пилюк, Я.Э. Рапс в Беларуси (биология, селекция, технология возделывания) [Текст]: моногр. / Я.Э. Пилюк. Минск: «Бизнесофсет», 2007. – 240 с.

11. Эффективность применения микробных препаратов при инкрустации семян озимого рапса / Я.Э. Пилюк [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2019. – Вып. 55. – С. 57-64.

EFFECT OF FOLIAR APPLICATION OF MICROBIAL PREPARATIONS TO WINTER RAPE ON THE YIELD AND QUALITY OF SEEDS

Ya.E. Piliuk, V.M. Belyavsky, T.N. Lukashevich

Due to the research it's established that treatment of winter rape with nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing preparations during the period of an active plant growth and a great need for fertilizer elements is an effective technique for increasing the crop yield without increasing a load on the environment. Foliar application of the preparations Agromik, Bactopin and Gordebac in a dose of 4 l/ha at the booting stage (BBCH 30-33) contributed to the increase of oil seeds yield by 6.1-7.3 dt/ha or 14.1-16.9 % in relation to the control. When treating the crops at the heading stage (BBCH 52-56) the maximum yield increase was obtained due to the application of Gordebac (5.3 dt/ha or 12 %) and Bactopin (4.3 dt/ha or 9.7 %). With a double application of the preparations (BBCH 30-33+ BBCH 52-56) the yield increased by 4.9-8 dt/ha or 11.2-18.3% in relation to the control.

УДК 633.521:631.52:631.528.1

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ НИТРОЗОМЕТИЛМОЧЕВИНЫ И НИТРОЗОГУАНАДИНА НА ПОЛЕВУЮ ВСХОЖЕСТЬ, ВЫЖИВАЕМОСТЬ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

П.Р. Хамутовский, кандидат с.-х. наук, **Е.М. Хамутовская**,
Д.В. Балащенко, А.В. Рыжкова, научные сотрудники
РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН
Беларуси», аг. Дашиковка, Могилевский район
(Поступила 02.04.2021)

Рецензент: Лужинская Н.А., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приведены результаты изучения действия химических мутагенов нитрозометилмочевина (НММ) и нитрозогуанадина (НГУД) при различных концентрациях и экспозиции выдержки на полевую всхожесть семян, выживаемость, фенотипическую изменчивость растений льна-долгунца сортов Могилевский, Ритм, Малахит и Drakkar. Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2-62,4 % на всех исследуемых сортах льна-долгунца. Прослеживалось отрицательное влияние химических мутагенов на выживаемость растений льна-долгунца прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки.

Известно, что мутагенез является основным генератором эволюционного процесса, причем мутации – изначальный источник всей генетической изменчивости. Индуцированный мутагенез в сотни раз увеличивает частоту появления измененных форм, и поэтому в настоящее время он признан достаточно эффективным методом создания генетической варибельности у растительных организмов [9].

В экспериментальном мутагенезе для индуцирования мутаций используют, главным образом, химические мутагены [10]. Использование химических мутагенов для улучшения хозяйственно-полезных признаков и свойств культурных растений представляется весьма перспективным. Ценным качеством химических мутагенов является их способность индуцировать большое число мягких изменений при сохранении нормальной жизнеспособности растений [11]. Поэтому в настоящее время в селекционной практике разных сельскохозяйственных культур для получения нового исходного материала кроме классических методов селекции широко применяется и метод химического мутагенеза. Применение этого метода увеличивает изменчивость морфо-биологических признаков у растений и позволяет индуцировать мутации с новыми признаками и свойствами, и, следовательно, способствует ускорению селекционного процесса [1, 3].

Искусственный мутагенез привлек внимание селекционеров надеждой на возможность индуцирования мутаций в специфических генах, изменение единичных признаков у существующих сортов, получение исключительно редких ценных форм, не проявляющихся в природе при обычных условиях. Рядом исследований показано, что обработка мутагенами позволяет выделить в потомстве растений формы, которые представляют интерес для использования в селекционном процессе. Таким способом получены формы с повышенной урожайностью волокна и семян, а также формы, более устойчивые к болезням и полеганию по сравнению с исходными генотипами. Мутации поставляют селекционеру новый генетический исходный материал, который может быть использован для создания сортов, как в чистом виде, так и в качестве родительских форм при гибридизации [2, 7, 8].

С целью создания нового исходного селекционного материала Л.В. Ивашко использовали лучшие химические супермутагены, гамма-лучи Co^{60} , лучи лазера. Результатом этой работы явилось выделение ряда ценных мутационных форм, ставших впоследствии сортами (*М-5*, *М-12*) и родительскими компонентами при гибридизации для получения сортов *Вита*, *Пралеска*, *Василек* и др. [4].

Однако наряду с успехами использования, многие аспекты индуцированного мутагенеза в селекции льна-долгунца еще недостаточно хорошо установлены, что обуславливает актуальность проведения исследований в данном направлении.

Методика и условия проведения исследований. Исследования по изучению действия химических мутагенов на семена и растения льна-долгунца проводили в питомнике мутантов первого поколения M_1 , который закладывали в

селекционном питомнике. Почва опытного участка дерново-подзолистая слабо оподзоленная, рыхлосупесчаная, подстилаемая с глубины 1,0 метра моренным суглинком, имела следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} – 5,4, содержание подвижных форм фосфора – 238 мг/кг, обменного калия – 265 мг/кг почвы. Предшественник – яровая пшеница.

Обработка почвы состояла из вспашки на зябь (проводили в конце 1 декады сентября на глубину 20-22 см) с последующей обработкой по типу полупара, ранневесенней культивации для закрытия влаги на глубину 5-7 см и предпосевной культивации на глубину 8-10 см с последующей обработкой поля агрегатом АКШ-3,6. Почву на ярусах посева питомника мутантов M_1 дополнительно обрабатывали и выравнивали граблями вручную. Минеральные удобрения вносили общим фоном: азотные – 25 кг/га д.в., фосфорные – 80 кг/га д.в., калийные – 120 кг/га д.в.

Агротехнические мероприятия по защите растений льна-долгунца в питомниках мутантов M_1 от болезней и сорной растительности проводили согласно отраслевому регламенту возделывания этой культуры [6]. Уход за посевами льна, учеты и наблюдения выполняли согласно методическим указаниям по селекции льна-долгунца [5].

Схема опыта включала обработку семян сортов льна-долгунца *Могилевский*, *Ритм*, *Малахит* и *Drakkar* химическими мутагенами нитрозометилмочевиной (НММ) в концентрации 0,006 %; 0,01 %; 0,12 % и 0,25 %, экспозиция составляла 6, 12 и 18 часов, и нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 %; 0,05 %; 0,1 % и 0,15 %, экспозиция 6, 12 и 18 часов.

Химические мутагены предварительно растворяли до нужной концентрации в дистиллированной воде для получения водного раствора. Сухие семена обрабатывали при комнатной температуре в соответствии со схемой опыта. После промывки в водопроводной воде их просушивали и высевали вручную на опытные делянки в трехкратной повторности. В качестве контроля использовали изучаемые сорта без обработки мутагенами, семена которых замачивали в воде и высевали перед вариантами с обработкой семян. В период вегетации в первом поколении M_1 учитывали полевую всхожесть семян, проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием растений льна-долгунца, отмечали морфологические и физиологические отклонения от контроля, учитывали количество выживших растений в фазу ранней желтой спелости. Уборку проводили вручную по мере достижения растениями фазы ранней желтой спелости и свозили в селекционно-технологический пункт, где обмолачивали и выполняли лабораторную обработку.

Результаты исследований. Полевая всхожесть семян, обработанных химическими мутагенами нитрозометилмочевиной (НММ) и нитрозогуанадином (НГУД), у изучаемых сортов варьировала в пределах 22,9-75,2 % (таблица 1). Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2-62,4 % у всех исследуемых сортов льна-долгунца. Наименьшая всхожесть была в вариантах опыта, где семена были обработаны мутагеном нитрозогуанадин (НГУД) в концентрации 0,1 % и 0,15 % с

Таблица 1 – Влияние концентрации химических мутагенов и различной экспозиции при обработке семян на полевую всхожесть и выживаемость растений льна-долгунца

Мутаген, кон- центрация	Экспозиция (выдержка), час	Могилевский		Ритм		Малахит		Drakkar	
		полевая всхо- жесть, %	выживае- мость, %	полевая всхожесть, %	выживае- мость, %	полевая всхожесть, %	выживае- мость, %	полевая всхожесть, %	выживае- мость, %
Без обработки (контроль H ₂ O)	6	90,2	83,2	93,4	85,1	91,7	88,4	85,3	80,2
НММ - 0,006 %	6	73,2	55,1	71,1	54,2	75,2	53,9	67,5	50,0
НММ - 0,01 %	6	70,1	50,2	65,2	49,3	69,1	48,1	62,1	48,5
НММ - 0,12 %	6	54,3	48,3	58,3	47,4	60,3	46,5	53,0	45,0
НММ - 0,25 %	6	49,6	42,1	51,1	40,1	57,1	43,2	45,2	39,7
НММ - 0,006 %	12	71,3	30,3	69,1	30,0	71,9	29,1	64,0	31,7
НММ - 0,01 %	12	68,5	28,1	63,4	25,0	69,0	26,2	61,3	28,0
НММ - 0,12 %	12	49,1	26,2	55,2	26,0	60,3	25,0	53,7	27,0
НММ - 0,25 %	12	48,2	21,7	47,9	24,3	52,7	22,0	45,2	21,8
НММ - 0,006 %	18	61,0	28,2	60,2	25,0	62,1	24,3	58,7	22,1
НММ - 0,01 %	18	58,3	27,1	55,8	26,0	57,0	22,1	46,2	20,0
НММ - 0,12 %	18	47,1	22,4	45,6	22,0	48,5	19,1	42,0	19,7
НММ - 0,25 %	18	42,0	20,9	40,7	19,9	41,3	18,0	39,0	18,1
Без обработки (контроль H ₂ O)	6	89,5	80,3	87,1	82,0	93,4	90,1	90,1	85,0
НГУД - 0,01 %	6	65,3	43,0	69,7	45,0	72,5	49,2	73,8	47,2
НГУД - 0,05 %	6	61,0	40,2	63,2	42,1	65,7	43,7	64,2	42,3
НГУД - 0,1 %	6	45,3	35,3	49,3	38,9	50,1	40,3	51,3	39,8
НГУД - 0,15 %	6	43,1	30,9	45,1	30,1	47,2	35,7	46,2	31,0
НГУД - 0,01 %	12	63,2	36,7	62,3	35,3	59,9	36,8	55,1	32,1
НГУД - 0,05 %	12	48,1	32,2	50,9	33,3	49,3	32,0	47,8	30,0
НГУД - 0,1 %	12	38,3	28,0	39,0	27,0	37,4	28,5	36,1	26,7
НГУД - 0,15 %	12	35,0	21,1	31,7	20,0	30,9	22,7	29,3	20,0
НГУД - 0,01 %	18	60,0	22,3	55,3	21,1	59,5	23,0	52,1	18,1
НГУД - 0,05 %	18	45,3	20,1	48,5	17,5	47,8	19,9	43,6	15,0
НГУД - 0,1 %	18	29,1	18,0	28,9	12,3	29,3	14,1	24,5	10,2
НГУД - 0,15 %	18	25,3	11,0	27,4	8,0	26,1	12,3	22,9	7,2

экспозицией 12 и 18 часов и составила 22,9-39,0 %. В этих же вариантах опыта отмечена и повышенная гибель растений от полных всходов до фаз «елочка» и «быстрый рост». Погибшие растения, в том числе и в других вариантах опыта, имели недоразвитую корневую систему, были низкорослыми, с мелкими листьями, без семян и т.д. Возбудителей болезней на погибших растениях не обнаружено, что дает возможность предполагать, что они погибли в результате действия мутагенов. Наименьшее снижение полевой всхожести (до 22,9-39,0 %) отмечено у сорта *Drakkar* при обработке семян нитрозогуанадином (НГУД) и нитрозометилмочевиной (НММ) в концентрации 0,15 % и 0,25 % соответственно с экспозицией выдержки 18 часов, что может свидетельствовать о различной реакции генотипа сорта на воздействие химическими мутагенами.

Выживаемость растений льна-долгунца в опыте варьировала в зависимости от типа мутагена, его концентрации, экспозиции выдержки и обрабатываемого сорта и была в пределах 7,2-55,1 %, прослеживалось отрицательное влияние мутагенов прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки на этот показатель. Выживаемость растений льна-долгунца у всех исследуемых сортов при обработке мутагеном нитрозометилмочевиной (НММ) была в среднем на 5,9-10,8 % выше, чем при обработке мутагеном нитрозогуанадином (НГУД).

Наименьшее проявление негативного влияния химических мутагенов на изучаемые показатели было отмечено в вариантах опыта, где семена льна-долгунца сортов *Малахит* и *Могилевский* были обработаны нитрозометилмочевиной (НММ) в концентрации 0,006 % с экспозицией 6 часов: всхожесть составила соответственно 75,2 % и 73,2 %, выживаемость – соответственно 53,9 % и 55,1 %, а также при обработке семян льна-долгунца сортов *Малахит* и *Drakkar* нитрозогуанадином (НГУД) в концентрации 0,01 % с экспозицией 6 часов: всхожесть составила соответственно 72,5 % и 73,8 %, выживаемость – соответственно 49,2 и 47,2 %.

Фенологическими наблюдениями установлено, что появление всходов у обработанных мутагенами семян исследуемых сортов было продолжительным и растянутым. Во всех вариантах без обработки всходы появились на 9 день после сева. В обработанных вариантах появление всходов было отмечено на 3-6 дней позже.

Повышенные концентрации химических мутагенов нитрозометилмочевины (НММ) и нитрозогуанадина (НГУД) оказывали угнетающее действие на семена. Позднее всех, на 14 день, всходы были отмечены у всех сортов в вариантах опыта, где семена были обработаны высокой концентрацией мутагенов: НММ, 0,25%, НГУД, 0,1 и 0,15 %, экспозиция составляла 12 и 18 часов (таблица 2).

В течение периода вегетации наблюдалось отставание в развитии растений льна-долгунца на всех сортах в зависимости от концентрации химического мутагена, чем выше концентрация, тем больше наблюдалось отставание в развитии, мутагены затягивали развитие растений, увеличивая продолжительность вегетационного периода. Продолжительность вегетационного периода в

Таблица 2 – Влияние химических мутагенов нитрозоэтилмочевины и нитрозогуанадина на фенологические фазы развития растений льна-долгунца в питомнике мутантов первого поколения М₁ (данные отдельных вариантов опыта)

Сорт	Концентрация мутагена и экспозиция выдержки	Фаза онтогенеза						Высота растений, см	
		всходы	елочка	быстрый рост	бутониза- ция	цветение			ранняя желтая спелость
						начало	конец		
Моплевский	Без обработки (контроль H ₂ O)	26.05	7.06	13.06	25.06	27.06	5.07	26.07	68-70
	НММ - 0,25% (12 час.)	30.05	9.06	17.06	25.06	27.06	6.07	27.07	60-72
	НММ - 0,25% (18 час.)	31.05	11.06	18.06	26.06	28.06	7.07	28.07	60-72
	Без обработки (контроль H ₂ O)	26.05	6.06	13.06	25.06	27.06	5.07	26.07	68-70
	НГУД - 0,1% (12 час.)	30.05	10.06	17.06	25.06	27.06	6.07	27.07	63-72
	НГУД - 0,15% (12 час.)	30.05	10.06	17.06	25.06	27.06	6.07	27.07	63-72
	НГУД - 0,1% (18 час.)	30.05	10.06	17.06	25.06	27.06	6.07	27.07	60-73
	НГУД - 0,15% (18 час.)	31.05	12.06	18.06	26.06	28.06	7.07	28.07	60-73
Ритм	Без обработки (контроль H ₂ O)	26.05	6.06	13.06	21.06	23.06	2.07	23.07	68-70
	НММ - 0,25% (12 час.)	30.05	10.06	17.06	25.06	27.06	6.07	27.07	60-72
	НММ - 0,25% (18 час.)	31.05	12.06	18.06	26.06	28.06	7.07	28.07	60-72
	Без обработки (контроль H ₂ O)	26.05	6.06	13.06	21.06	23.06	2.07	23.07	68-71
	НГУД - 0,1% (12 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	29.06	8.07	29.07	63-72
	НГУД - 0,15% (12 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	29.06	8.07	29.07	63-72
	НГУД - 0,1% (18 час.)	30.05	10.06	17.06	25.06	27.06	6.07	27.07	60-73
	НГУД - 0,15% (18 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	29.06	8.07	29.07	60-73
Малахит	Без обработки (контроль H ₂ O)	26.05	6.06	13.06	25.06	27.06	5.07	26.07	68-72
	НММ - 0,25% (12 час.)	30.05	10.06	17.06	25.06	27.06	6.07	27.07	60-72
	НММ - 0,25% (18 час.)	31.05	12.06	18.06	26.06	28.06	7.07	28.07	60-74
	Без обработки (контроль H ₂ O)	26.05	6.06	13.06	25.06	27.06	5.07	26.07	68-72
	НГУД - 0,1% (12 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	29.06	8.07	29.07	63-73
	НГУД - 0,15% (12 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	29.06	8.07	29.07	63-75
	НГУД - 0,1% (18 час.)	30.05	10.06	17.06	25.06	27.06	6.07	27.07	60-75

Сорт	Концентрация мутагена и экспозиция выдержки	Фаза онтогенеза						Высота растений, см	
		всходы	елочка	быстрый рост	бутониза- ция	цветение			ранняя желтая спелость
						начало	конец		
Drakkar	НГУД - 0,15% (18 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	29.06	8.07	29.07	60-75
	Без обработки (контроль H ₂ O)	26.05	6.06	13.06	28.06	30.06	6.07	28.07	68-72
	НММ - 0,25% (12 час.)	31.05	12.06	18.06	26.06	30.06	9.07	31.07	60-72
	НММ - 0,25% (18 час.)	31.05	12.06	18.06	26.06	30.06	9.07	31.07	60-74
	Без обработки (контроль H ₂ O)	26.05	6.06	13.06	28.06	30.06	6.07	28.07	68-72
	НГУД - 0,1% (12 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	29.06	8.07	30.07	63-73
	НГУД - 0,15% (12 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	1.07	10.07	2.08	63-75
	НГУД - 0,1% (18 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	29.06	8.07	30.07	60-75
	НГУД - 0,15% (18 час.)	2.06	12.06	19.06	27.06	1.07	10.07	2.08	60-75

вариантах с обработкой семян высокой концентрацией мутагенов и большей экспозицией была на 3-6 дней длиннее, чем в контроле.

Также отмечалась неравномерность льна-долгунца по высоте растений в пределах вариантов опыта, обработанных химическими мутагенами. Особенно сильно различались по высоте растения льна-долгунца на всех исследуемых сортах, которые были обработаны мутагеном нитрозогуанидин (НГУД) в концентрации 0,1 % и 0,15 % с экспозицией 12 и 18 часов.

Вследствие обработки семян химическими мутагенами нитрозометилмочевиной (НММ) и нитрозогуанидином (НГУД) в питомнике мутантов первого поколения M_1 появлялось некоторое количество растений с различными морфологическими изменениями (модификациями), были отмечены такие морфологические изменения как ветвление растений в технической части стебля и у корневой шейки, сплюснутые, искривленные стебли, растения с измененными коробочками и семенами или полностью без семян, в фазах «всходы», «елочка» и «бутонизация» на листьях льна отмечались беловатые, светло-зеленоватые, желтоватые пятна или полосы.

Заключение

Изучаемые концентрации мутагенов снижали полевую всхожесть семян по сравнению с контролем на 18,2-62,4 % на всех исследуемых сортах льна-долгунца. Наименьшая всхожесть отмечена в вариантах опыта, где семена были обработаны мутагеном нитрозогуанидин (НГУД) в концентрации 0,1 % и 0,15 % с экспозицией 12 и 18 часов, и составила 22,9-39,0 %. Прослеживалось отрицательное влияние химических мутагенов на выживаемость растений льна-долгунца прямо пропорционально их концентрации и экспозиции выдержки. Выживаемость растений льна-долгунца при обработке мутагеном нитрозометилмочевина (НММ) была в среднем на 5,9-10,8 % выше, чем при обработке мутагеном нитрозогуанидином (НГУД).

Литература

1. *Бачалис, К.П.* Влияние химического мутагенеза этиленимина на изменчивость сортов льна-долгунца в M_1 / К.П. Бачалис // Сб. научных трудов. – Томск, 1997. – С. 43-49.
2. *Володин, В.Г.* Радиационный мутагенез у растений / В.Г. Володин. – Минск, 1975. – С. 124-156.
3. *Калайджян, А.А.* Химический мутагенез в селекции подсолнечника: автореф. дис. Д-ра с.-х. наук: 06.01.05 селекция и семеноводство / А.А. Калайджян. – Краснодар, 1998. – 30 с.
4. *Лен Беларуси: монография* / под ред. И. А. Голуба. – Минск, 2003. – С. 48-54.
5. Методические указания по селекции льна-долгунца. – Торжок, 1987. – 44 с.
6. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск, РУП «Институт льна», 2018. – 35 с.
7. *Рапопорт, И.А.* Химический мутагенез: теория и практика / И.А. Рапопорт. – Москва, 1966. – С. 3-51.
8. *Сидорова, К.К.* Влияние химических мутагенов и гамма-лучей на мутационную изменчивость у разных сортов гороха / К.К. Сидорова // Специфичность химического мутагенеза: сб. науч. тр. – Москва, 1968. – С. 204-216.

9. Симащ, С.В. Создание новых селекционно ценных форм льна-долгунца с использованием индуцированного мутагенеза / С.В. Симащ, В.З. Богдан, Т.М. Богдан // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – №3. – С. 63-65.

10. Тарасенко, Н.Д. Увеличение частоты мутаций у ячменя при обработке химическими мутагенами клеток верхней меристемы / Н.Д. Тарасенко // Химический мутагенез и селекция: сб. науч. тр. – Москва, 1971. – С. 178-183.

11. Чекалин, Н.М. Количественные и биохимические мутации у чины посевной под влиянием химических мутагенов / Н.М. Чекалин // Химический мутагенез и селекция: сб. науч. тр. – Москва, 1971. – С. 269-278.

STUDY OF THE EFFECT OF CHEMICAL MUTAGENES OF NITROSOMETHYLUREA AND NITROZOGUANADINE ON FIELD GERMINATION, SURVIVAL AND DEVELOPMENT OF FIBRE FLAX PLANTS

P.R. Khamutovsky, E.M. Khamutovskaya, D.V. Balashenko, A.V. Ryzhkova

The paper presents the results of the research on the effect of chemical mutagenes of nitrosomethylurea and nitrosoguanadine with different concentration and exposition on filed germination, survival, phenotypic variation of the fibre flax varieties Mogiliovsky, Ritm, Malakhit, Drakkar. As a result of the conducted research it was established that chemical mutagenes in the nursery of mutants of the first generation M₁ reduced field germination of fibre flax seeds, survival, slowed down plant development increasing the duration of the vegetation period. At the same time increasing the concentration of mutagene strengthened a negative impact on seeds and plant development. The studied concentrations of mutagenes reduced field germination of all the studied varieties of fibre flax by 18.2-62.4 % in comparison with the control. A negative impact of chemical mutagenes on survival of fibre flax plants in direct proportion to their concentration and exposition was observed.

УДК 633.2:633.37:631.584.5

ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОУРОЖАЙНЫХ БОБОВЫХ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ

И.А. Черепок, А.А. Боровик, Е.И. Чекель, кандидаты с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 11.03.2021)

Рецензент: Холодинская Н.Л., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) в чистом виде и смешанных агрофитоценозах в условиях центральной части Республики Беларусь. Дана оценка поведения основного бобового компонента в смесях при выращивании без применения гербицидов. Определен ботанический состав травосмесей. Установлена закономерность по увеличению урожайности смешанных посевов.

Получение дешевых и качественных кормов – важный фактор снижения себестоимости животноводческой продукции, повышения ее конкурентоспособности и доступности для потребителей. Другим не менее важным показателем, определяющим эффективность использования кормов, является содержа-

ние в них питательных веществ, в первую очередь белка, который служит основным фактором, определяющим уровень затрат кормов на единицу продукции. Отечественный опыт показывает, что корма, приготовленные из многолетних трав, отличаются высокой питательностью, усвояемостью и низкими затратами на производство.

Для получения дешевых и полноценных кормов необходимо, чтобы хозяйства располагали высокоурожайными травостоями и ресурсосберегающими технологиями их возделывания.

Крупным резервом производства белка в Беларуси должны стать бобовые культуры, одна из которых – галега восточная. К достоинствам галеги, подтвержденным рядом исследований, проведенных в различных условиях, относятся высокое долголетие, продуктивность, ценные кормовые качества. Ее рассматривают как важнейшую культуру для создания долголетних травостоев [5, 11].

Основным недостатком галеги является ее медленное развитие в первые годы жизни. В результате посевы не имеют необходимого проективного покрытия, слабо нарастает вегетативная масса, создаются условия для появления сорных видов растений, что снижает качество корма и рентабельность [6]. В связи с этим использование одновидовых посевов галеги считают малоэффективным приемом для создания долголетних травостоев. Важным способом преодоления этого недостатка является использование травосмесей галеги с бобовыми и злаковыми травами [1].

Смешанные агрофитоценозы бобовых и злаковых культур позволяют обеспечить высокие и устойчивые урожаи высококачественной зеленой массы, получать непологаемый травостой и создавать благоприятные условия для последующих культур севооборота. Многолетние травы и их смеси по сравнению с другими кормовыми культурами низкозатратны. Травосмеси лучше поедаются, перевариваются, усваиваются, при уборке и приготовлении сена, сенажа, силоса и травяной муки бывает меньше потерь [10].

Совместные посевы многолетних растений дают возможность не только более рационально использовать для формирования урожая солнечную энергию, питательные вещества из почвы, углекислый газ и азот из воздуха, но и активнее вести борьбу с сорняками в посевах. Смешанные агрофитоценозы лучше предотвращают водную эрозию почвы, что для многих зон нашей республики имеет важное значение. Совместные посевы обеспечивают значительное повышение плодородия почвы как через опад, так и в результате непосредственного воздействия корневых систем растений на почву [7, 8].

Растения в ценозах взаимосвязаны между собой и образуют в какой-то мере «единный» организм. В смешанных посевах бобовые культуры имеют положительное влияние на не бобовые компоненты, так как они глубоко идущими стержневыми корнями извлекают труднорастворимые фосфорные соединения из глубоких горизонтов и делают их доступными для других культур. В данных смесях благодаря наличию на корнях бобовых клубеньковых бактерий улучшается также азотное питание не бобового компонента [8].

В фитоценозе растительные организмы взаимодействуют друг с другом постоянно, в течение всей жизни или кратковременно. Растения непосредственно соприкасаются друг с другом, либо влияют на другой организм на расстоянии, либо биохимически взаимодействуют на сопутствующий компонент с помощью определенных физиологически активных веществ – колинов, выделяемых различными частями и органами растений [7, 8].

Главными структурными элементами агрофитоценозов являются видовой и популяционный состав, количественные и конкурентные отношения между компонентами, характер размещения растений по площади и ярусность [2, 3]. При посеве нескольких культур с разным ритмом развития, типом корневой системы, степенью устойчивости к засухе происходит такая подгонка «экологических» ниш, которая позволяет растениям использовать ресурсы более полно. Конкуренция между видами ослабляется, стабильность растительного сообщества повышается, его продуктивность возрастает [10].

Из многочисленных факторов эффективности смешанных посевов, влияющих на величину и качество урожая зеленой массы, подбор компонентов, густота стояния и др. требуют дальнейшего изучения и постоянного совершенствования [3].

Галега восточная – эндемик Кавказа, нетрадиционная культура для Беларуси. Проведение исследований по возделыванию ее в смесях является своевременным и необходимым.

Материал и методика проведения исследований. Полевые опыты были расположены на землях, закрепленных за РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, связносупесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины 0,8 м, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: pH (в KCl) – 6,0-6,3; P₂O₅ – 240-260 мг/кг, K₂O – 180-220 мг/кг почвы, гумус – 2,11-2,14 %. Закладка опытов, анализ, статистическая обработка полученных результатов проводилась по общепринятым методикам [4, 9].

Площадь делянки 10 м², повторность четырехкратная. Закладка опытов проводилась без гербицидов. Посев осуществлялся в третьей декаде апреля согласно схеме опытов (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Вариант	Одновременный весенний посев	Разновременный посев (через 30 дней после посева основной культуры)	Осенний посев злакового компонента
Галега	+	-	-
Галега + донник	+	+	-
Галега + фестулолиум	+	+	+
Галега +донник+тимopheевка	-	-	+*
Галега + эспарцет	+	+	-

Примечание: *- одновременный посев бобовых компонентов в весенний период, посев злакового - в первой половине сентября

В весенне-осенние периоды 2016-2018 гг., когда проходило формирование двух укосов галеги восточной в чистых и смешанных посевах, погодные условия были удовлетворительными и характеризовались умеренным количеством осадков и оптимальными температурами, что способствовало нарастанию зеленой массы и формированию продуктивного травостоя. Учет урожайности зеленой массы проводился по общепринятой методике в фазу бутонизации галеги восточной.

Результаты исследований и их обсуждение. При посеве галеги восточной в чистом виде на 1 м^2 высевалось 200 всхожих семян. Появление всходов у основной культуры отмечено на 8-й день после посева. Полученные результаты показывают, что количество взошедших растений галеги восточной находилось в пределах от 132 до 158 шт./м^2 . Полевая всхожесть семян галеги восточной при этом варьировала в пределах от 66 до 79 %. Количество всходов у дополнительного бобового компонента, донника белого, составило 62-64 шт./м^2 , а эспарцета песчаного – 102 шт./м^2 при половинной их норме высева. Количество всходов злакового компонента фестулолиума находилось в пределах от 132 до 144 шт./м^2 . Полевая всхожесть донника белого была минимальной и находилась в пределах от 20,7 до 22,7 %. Такой же низкой была всхожесть и у тимopheевки в трехкомпонентной смеси – 20,4 %. Полевая всхожесть эспарцета составила 44,3 %. Всхожесть злакового компонента фестулолиума была при одновременном посеве на уровне 55,2 %, при разновременном посеве через 30 дней – 42,0 %, при осеннем подсеве – 23,6 %.

Последующие наблюдения за ростом, развитием и сохранностью растений показали, что протекающие в травостое процессы находятся в тесной зависимости от складывающихся погодных условий, первоначального развития растений. Влияние на сохранность основного компонента смеси (галега восточная) также оказывали дополнительные компоненты. Выпадение растений в процессе роста и развития происходило не только от пересыхания верхнего слоя почвы, но и от конкуренции за влагу и питание между компонентами. Сохранность растений основной культуры галеги в опыте находилась в пределах 33,3-53,3 %. Минимальной сохранность растений галеги была в двухкомпонентной смеси с фестулолиумом – 33,3 %. Количество растений галеги перед уходом в зиму в одновидовом посеве было максимальным и составило 84 шт./м^2 , в двухкомпонентных смесях – 48-73 шт./м^2 , в трехкомпонентной – 62 шт./м^2 . Надо отметить, что на сохранность растений галеги повлияло затенение сорными растениями в первоначальный период роста и развития культуры, повреждение точки роста галеги в результате двукратного скашивания в первый год жизни. Поэтому к концу вегетации посевы были изреженными.

В травосмесях с участием галеги восточной урожайность зеленой массы в первом укосе варьировала от 184,7 до 247,7 ц/га у вариантов с одновременным весенним посевом, и в пределах от 207,5 до 235,2 ц/га у вариантов с разновременным посевом с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры. При осеннем подсеве она составила 202-207,2 ц/га. Наименьшая урожайность зеленой массы первого укоса первого года жизни была сформиро-

вана при одновидовом посеве галеги восточной – 184,7 ц/га, наибольшая (247,7 ц/га) сформирована вариантом с участием галеги восточной и эспарцета при одновременном посеве. Также высокая урожайность (235,2 ц/га) была в варианте с участием галеги восточной и донника белого с разновременным посевом с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры.

Урожайность зеленой массы галеги восточной и травосмесей с ее участием во втором укосе первого года жизни колебалась в пределах от 58 до 120 ц/га. Наименьшая урожайность второго укоса (58 ц/га) была отмечена в варианте с разновременным посевом галеги восточной и фестулолиума (подсев через 30 дней). Наибольшая урожайность зеленой массы (120 ц/га) получена в варианте с одновременным посевом галеги восточной и донника белого.

Анализ ботанического состава агрофитоценозов на основе галеги восточной свидетельствует о низкой ее доли в смеси (до 38 %) в первый год жизни вследствие медленного роста и развития. Основное долевое участие в смешанных посевах составляли дополнительные компоненты: донник белый, эспарцет, фестулолиум.

Перезимовка растений основной культуры была невысокой. Так, количество растений после перезимовки у галеги восточной в одновидовом посеве составило 62 шт./м² (73,8 %); в двухкомпонентных смесях количество растений варьировало от 23 до 38 шт./м² (47,9-57,7 %); в трехкомпонентной 33 шт./м² или 53,2 %. У злакового компонента фестулолиума перезимовка составляла 60,0-74,1 %, у тимopheевки – 85,4 %. Процент перезимовки донника был высоким и составил 85,4-91,1 %, немного ниже у эспарцета – 76,1-86,1 %.

Урожайность зеленой массы галеги восточной первого года пользования и травосмесей с ее участием за два укоса колебалась в пределах от 239 до 547 ц/га у вариантов с одновременным весенним посевом, в пределах от 278 до 348 ц/га у вариантов с разновременным посевом с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры и от 259 до 449 ц/га при осеннем подсева злакового компонента (таблица 2).

Средняя урожайность травостоя галеги восточной без подсева других видов составила 239 ц/га зеленой массы и 52,8 ц/га сухого вещества и была минимальной. На долю галеги в чистом виде в первом укосе приходилось 81,3 %, разнотравье составило 18,7 %. Во втором укосе на долю галеги приходилось 77,5 %, на разнотравье – 22,5 %. Максимальная урожайность как зеленой массы (547 ц/га), так и сухого вещества (105,4 ц/га) была в двойной травосмеси галега + эспарцет. Причем долевое участие галеги в первом укосе составило 39,7 %, во втором 43,1 %, эспарцета 58,8 % и 54,8 %, разнотравья 1,5 % и 2,1 % соответственно.

Ботанический состав травосмесей с участием галеги восточной изменялся в зависимости от укоса и состава смеси. В двухкомпонентных смесях на долю галеги приходилось в первом укосе 24,1-61,7 %, во втором 27,1-48,9 %. В трехкомпонентных смесях доля галеги составила в первом укосе 25,4 %, во втором 22,8 %.

Таблица 2 – Урожайность травостоев с участием галеги восточной

Вариант	Урожайность*, ц/га		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Одновременный весенний посев			
Галега восточная	<u>239</u> 52,8	<u>361</u> 72,4	<u>300</u> 62,5
Галега восточная +донник белый	<u>430</u> 84,6	<u>316</u> 60,8	<u>373</u> 72,8
Галега восточная + фестулолиум	<u>284,6</u> 63,5	<u>294</u> 60,4	<u>289</u> 61,9
Галега восточная + эспарцет	<u>547</u> 105,4	<u>355</u> 67,4	<u>451</u> 86,4
Разновременный посев (через 30 дней после посева основной культуры)			
Галега восточная + донник белый	<u>308</u> 61,2	<u>398</u> 84,8	<u>353</u> 73,0
Галега восточная +фестулолиум	<u>278</u> 65,5	<u>339</u> 67,6	<u>309</u> 66,6
Галега восточная + эспарцет	<u>348</u> 74,7	<u>425</u> 79,8	<u>387</u> 77,3
Осенний подсев злакового компонента			
Галега восточная + фестулолиум	<u>259</u> 56,5	<u>366</u> 76,2	<u>313</u> 66,4
Галега + донник белый + тимopheевка	<u>449</u> 85,3	<u>375</u> 77,2	<u>412</u> 81,3
НСР ₀₅	<u>19,2</u> 4,5	<u>27,4</u> 5,8	

*в числителе – урожайность зеленой массы, в знаменателе – урожайность сухого вещества

Урожайность травостоя галеги восточной второго года пользования без подсева других видов составила 361 ц/га зеленой массы и 72,4 ц/га сухого вещества. Минимальная урожайность зеленой массы и сухого вещества за два укоса была зафиксирована у варианта с участием галеги и фестулолиума при одновременном совместном посеве и составила 294 ц/га и 60,4 ц/га соответственно. Максимальная урожайность зеленой массы 425 ц/га и сухого вещества 79,8 ц/га была в двойной травосмеси галега + эспарцет при разновременном посеве. На долю первого укоса приходилось 60,3-65,6 % урожая, на долю второго 34,5-39,7 %. Долевое участие галеги в первом укосе составило 61,8 %, во втором 68,2 %, эспарцета – 20,7 % и 10,0 %, разнотравья – 17,5 % и 21,8 % соответственно.

Во второй год пользования при посеве в чистом виде соотношение между галегой и разнотравьем в первом укосе было 86,3 и 13,7 % соответственно, во втором 76,7 и 23,3 %. В двухкомпонентных смесях на долю галеги приходилось в первом укосе 30,6-93,8 %, во втором 46,9-88,4 %. В трехкомпонентных смесях доля галеги составила в первом укосе 54,1 %, во втором 56,8 %. Следует отметить, что бобовый компонент донник в силу своих биологических особенностей (двулетник) в смесях отсутствовал.

В смешанных посевах с галегой восточной заметную конкуренцию ей создавал при одновременном посеве злаковый компонент фестулолиум, особенно агрессивным он был при одновременном посеве по сравнению с разновременным. Доля галеги в таком посеве была минимальной и составила в первом укосе 30,6 %, во втором 46,9 %.

В среднем за 2 года пользования урожайность зеленой массы галеги в чистом виде при выращивании ее без гербицидов за два укоса составила 300 ц/га, сухого вещества 62,5 ц/га. На долю галеги в чистом виде в первом укосе приходилось 83,8 %, разнотравье составило 16,2 %. Во втором укосе на долю галеги приходилось 77,1 %, на разнотравье 22,9 %.

Наиболее продуктивной оказалась смесь галеги с эспарцетом при одновременном посеве двух компонентов. Средняя урожайность зеленой массы за 2 года пользования за два укоса двухкомпонентной бобовой смеси составила 451 ц/га, сухого вещества 86,4 ц/га. Немного уступала ей по этим показателям трехкомпонентная смесь галеги с донником и тимофеевкой – 412 и 81,3 ц/га соответственно.

Заключение

В ходе исследований установлена закономерность увеличения урожайности смешанных посевов галеги восточной в сравнении с ее одновидовыми посевами. На основании полученных результатов для создания урожайных травостоев с использованием галеги восточной можно рекомендовать включение в состав травосмеси второго бобового компонента – эспарцета, либо донника белого. В бинарной травосмеси со злаковым компонентом наибольшую конкурентоспособность проявляет фестулолиум, доля которого в урожае достигает 61,6 % в первом укосе и 44,8 % во втором.

Литература

1. Бакшаев, Д. Ю. Создание конкурентных галего-кострецовых ценозов / Д. Ю. Бакшаев, Т. А. Садохина, В. Ю. Листков // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2020. – Том 50. – №2. – С. 15-22.
2. Варламов, В.А. Агробиологическое обоснование формирования высокопродуктивных смешанных агрофитоценозов многолетних и однолетних кормовых культур в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.А. Варламов. – Пенза, 2008. – 51 с.
3. Васько, П.П. Продуктивность злаковых сенокосных травостоев на основе костреца беззостого и ценотическая активность их компонентов / П.П. Васько, В.П. Синицкий, Л.Б. Авдеев // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; редкол.: М.А. Кадыров (гл.ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – Вып. 44. – С. 231-239.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Ершов, С.Ю. Пути решения проблем в кормопроизводстве Самарской области / С.Ю. Ершов, В.Т. Васин, А.В. Васин // Кормопроизводство. – 2017 – №9. – С. 3-7.
6. Зарьянова, З.А. Видовое и сортовое разнообразие многолетних трав для условий Орловской области / З.А. Зарьянова, В.И. Зотиков, С.В. Кирюхин // Кормопроизводство. – 2017. – №11. – С. 32-38.

7. Мартеньянова, А.А. Конкуренция и ее регулирование в агрофитоценозах многолетних растений в условиях Предбайкалья / А.А. Мартеньянова, Ш.К. Хуснидинов, Т.Г. Кудрявцева. – Иркутск: ИрГСХА, 2009. – 164 с.

8. Мартеньянова, А.А. Оценка симбиотических отношений многолетних растений в совместных агрофитоценозах в условиях Предбайкалья / А.А. Мартеньянова, Ш.К. Хуснидинов // Вестн ИрГСХА. – 2020. – № 97. – С. 33-41.

9. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – 1983. – 197 с.

10. Черепок, И.А. Урожайность бобово-злаковых травосмесей на основе эспарцета песчаного / И.А. Черепок, Е.И. Чекедь, А.А. Боровик, Р.Д. Кишко, В.В. Крицкая // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, ИВЦ Минфина, 2019. – Вып 55. – С. 188-194.

11. Rymuza, K. Application of logistic function to describe the growth of fodder galega / K. Rymuza // Journal of Ecological Engineering. – 2017. – № 18 (1). – P. 125-131.

ON THE PROBLEM OF SELECTING COMPONENTS FOR EASTERN GALEGA TO OBTAIN HIGH YIELD LEGUME AND LEGUME-GRASS MIXTURES

I.A. Cheropok, A.A. Borovik, E.I. Chekel

The paper deals with the results of the research on Eastern galega (Galega orientalis Lam.) in its pure form as well as in mixed agrophytocenoses in the central part of the Republic of Belarus. The performance of the basic legume component in mixtures cultivated without herbicides is evaluated. The botanical composition of grass mixtures is identified. The regularity for increasing the yield of mixed is established.

УДК 633.2:633.361:631.559.2

СОЗДАНИЕ ПРОДУКТИВНОГО ТРАВСТОЯ НА ОСНОВЕ ЭСПАРЦЕТА ПЕСЧАНОГО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СЕНА

И.А. Черепок, А.А. Боровик, кандидаты с.-х. наук,
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

С.В. Абраскова, кандидат с.-х. наук,
УО «Барановичский государственный университет»

(Поступила 12.03.2021)

Рецензент: Холодинская Н.Л., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований по возделыванию эспарцета песчаного (*Onobryhis arenaria* D.C.) в чистых и смешанных агрофитоценозах в условиях центральной части Республики Беларусь для получения качественного сена. Установлена закономерность увеличения продуктивности трехкомпонентных смешанных посевов эспарцета песчаного в сравнении с его одновидовым посевом. На основании полученных результатов разработан способ подбора компонентов и состава бобовых и бобово-злаковых травосмесей с участием эспарцета для получения качественного сена.

Основным направлением повышения продуктивности отрасли кормопроизводства является увеличение производства кормов, улучшение их качества и энергонасыщенности. В решении этой проблемы важная роль отводится многолетним травам.

Многолетние травы и их смеси по сравнению с другими кормовыми культурами низкозатратны, в течение всего года более полно используют влагу и питательные элементы на формирование урожая. Смеси из многолетних бобовых и злаковых трав способны утилизировать 2-3% ФАР, формировать за три полноценных укоса от 60 до 90 ц/га сухого вещества [3].

Под влиянием многолетних бобовых трав улучшаются физические, физико-химические и биологические свойства почв и повышается их плодородие. В почвозащитном земледелии многолетние бобовые травы являются важным и необходимым средством в комплексе мероприятий по защите почв от водной эрозии и дефляции [1]. В севооборотах многолетние бобовые травы являются дезинфектором почв, улучшают фитосанитарное состояние других сельскохозяйственных культур. Многолетние бобовые травы за счет симбиотической азотфиксации способствуют обогащению почвы азотом, сокращают применение синтетических азотных удобрений в земледелии и улучшают экологическую обстановку в агроценозах.

Создание сеяных травостоев с повышенным содержанием бобовых культур – одно из перспективных направлений эффективного низкозатратного луговодства. Бобовые травы характеризуются высоким содержанием сырого протеина – 18-25 %. Включение в травосмесь злакового компонента позволяет экономить семена бобовых трав, реутилизировать азот бобовых растений, улучшить питательные свойства кормов (улучшить сахаропротеиновое соотношение, снизить риск возникновения тимпаний). Кроме того, бобово-злаковая смесь при использовании на сено благодаря прослойке злаковых трав просыхает равномернее, и это в значительной мере предотвращает потерю листьев, ценной в кормовом отношении части растения [6].

Как высокобелковая кормовая культура среди многолетних бобовых трав особое место в виду ее ценных биологических и хозяйственных качеств занимает эспарцет. При достаточно высокой стабильной урожайности зеленой массы, сена и семян эта культура имеет и ценные для сельхозпредприятий технологические признаки: широкую экологическую пластичность, значительную зимостойкость и высокую засухоустойчивость. Также эспарцет является хорошим предшественником для озимой пшеницы и достаточно эффективно выращивается в полевых севооборотах [4, 5, 8, 9].

Эспарцет песчаный – новая культура для нашей республики. Поэтому изучение травосмесей на его основе для получения качественного сена обуславливает высокую актуальность темы исследований.

Материал и методика проведения исследований. Полевые опыты были расположены на землях, закрепленных за РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, связносупесчаная, подстилаемая моренным су-

глинком с глубины 0,8 м, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: рН (в KCl) – 6,0-6,3; P₂O₅ – 240-260 мг/кг почвы, K₂O – 180-220 мг/кг почвы, содержание гумуса 2,11-2,14 %. Закладка опытов, анализ, статистическая обработка полученных результатов проводились по общепринятым методикам [2, 7].

Площадь делянки 10 м², повторность четырехкратная. Посев осуществлялся в третьей декаде апреля.

В весенне-осенние периоды 2016-2018 гг., когда проходило формирование двух укосов эспарцета песчаного в чистых и смешанных посевах, погодные условия были удовлетворительными и характеризовались умеренным количеством осадков и оптимальными температурами, что способствовало нарастанию зеленой массы и формированию продуктивного травостоя. Учет урожайности зеленой массы проводился по общепринятой методике в фазу конец бутонизации эспарцета.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе исследований установлено, что урожайность сухого вещества в сумме за два укоса в среднем за годы была максимальной в трехкомпонентной смеси эспарцета с клевером и тимфеевкой и составила 125,8 ц/га. Немного уступила ей трехкомпонентная смесь с люцерной и фестулолиумом – 112,4 ц/га. Минимальная она была в одновидовом посеве эспарцета и составила 82,8 ц/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сухого вещества травосмесей с участием эспарцета песчаного

Вариант	Урожайность сухого вещества, ц/га		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Одновременный весенний посев			
Эспарцет песчаный	90,7	74,9	82,8
Эспарцет песчаный + фестулолиум	109,9	102,2	106,1
Эспарцет песчаный + тимфеевка луговая	106,1	108,1	107,1
Эспарцет песчаный + клевер луговой + тимфеевка луговая	123,2	128,3	125,8
Эспарцет песчаный + люцерна посевная + фестулолиум	100,7	124,1	112,4
Разновременный посев (через 30 дней после посева основной культуры)			
Эспарцет песчаный + фестулолиум	93,8	85,2	89,5
Эспарцет песчаный + тимфеевка луговая	94,6	93,7	94,2
Эспарцет песчаный + люцерна посевная + фестулолиум	106,0	117,1	111,6
НСР ₀₅	7,9	8,2	

Ботанический состав травостоев с участием эспарцета песчаного изменялся в зависимости от укоса и состава смеси. При посеве в чистом виде соотношение между эспарцетом и разнотравьем в первом укосе было 90,9 и 9,1 % соответственно, во втором 88,8 и 11,2 %. В двухкомпонентных смесях на долю эспарцета песчаного при одновременном посеве приходилось в первом укосе – 45,5-62,9 %, во втором 66,2-76,4 %. В трехкомпонентных смесях доля эспарцета

при одновременном посеве составила в первом укосе 21,0-43,9 %, во втором 16,6-55,1 %. При разновременном посеве с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры доля эспарцета песчаного в двухкомпонентных смесях составила в первом укосе 68,3-80,5 %, во втором 70,3-75,9 %, а в трехкомпонентной – 42,0% и 50,6 % соответственно.

Урожайность сена с участием эспарцета в опытах колебалась от 106,2 до 146,5 ц/га в 2017 г. и от 87,6 до 149,1 ц/га в 2018 г. На основании полученных результатов установлена закономерность увеличения продуктивности трехкомпонентных смешанных посевов эспарцета песчаного в сравнении с его одновидовым посевом. Так, урожайность сена трехкомпонентной травосмеси с клевером составляет 146,5-149,1 ц/га (таблица 2).

Однако следует учитывать высокую конкурентоспособность клевера лугового и люцерны посевной в таких травостоях. При средней урожайности сена трехкомпонентной травосмеси 147,8 ц/га доля клевера в ней достигает 50 %. В чистом виде эспарцет дает невысокий урожай сена (96,9 ц/га) и на второй год пользования начинает выпадать, поэтому для получения стабильно высокого сбора сена с гектара, улучшения его переваримости и поедаемости, эспарцет необходимо включать в травосмеси.

Таблица 2 – Урожайность сена с участием эспарцета песчаного

Вариант	Урожайность сена, ц/га		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Одновременный весенний посев			
Эспарцет песчаный	106,2	87,6	96,9
Эспарцет песчаный + фестулолиум	128,6	119,6	124,1
Эспарцет песчаный + тимофеевка луговая	124,1	126,5	125,3
Эспарцет песчаный + клевер луговой + тимофеевка луговая	146,5	149,1	147,8
Эспарцет песчаный + люцерна посевная + фестулолиум	123,3	145,2	134,3
Разновременный посев (через 30 дней после посева основной культуры)			
Эспарцет песчаный + фестулолиум	109,7	99,6	104,7
Эспарцет песчаный + тимофеевка луговая	110,7	109,6	110,2
Эспарцет песчаный + люцерна посевная + фестулолиум	122,9	135,8	129,4

В результате исследований установлена закономерность увеличения сбора сырого протеина в смешанных трехкомпонентных посевах эспарцета песчаного по сравнению с одновидовым посевом (таблица 3). Сбор сырого протеина при посеве эспарцета в трехкомпонентной травосмеси эспарцет + клевер луговой + тимофеевка был максимальным и составил 21,5 ц/га, что выше, чем в одновидовом посеве на 51,4 %. Немного уступила ей трехкомпонентная смесь с люцерной и фестулолиумом, где этот показатель составил 20,2 ц/га. При разновременном посеве двухкомпонентная смесь по сбору сырого протеина была на уровне чистого посева эспарцета песчаного (14,6-14,8 ц/га против 14,2 ц/га).

Таблица 3 – Сбор сырого протеина травосмесей с участием эспарцета песчаного

Вариант	Сбор сырого протеина, ц/га		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Одновременный весенний посев			
Эспарцет песчаный	15,4	12,9	14,2
Эспарцет песчаный + фестулолиум	17,5	16,4	17,0
Эспарцет песчаный + тимopheевка луговая	16,4	16,3	16,4
Эспарцет песчаный + клевер луговой + тимopheевка луговая	21,3	21,7	21,5
Эспарцет песчаный + люцерна посевная + фестулолиум	18,8	21,6	20,2
Разновременный посев (через 30 дней после посева основной культуры)			
Эспарцет песчаный + фестулолиум	15,4	13,8	14,6
Эспарцет песчаный + тимopheевка луговая	15,2	14,4	14,8
Эспарцет песчаный + люцерна посевная + фестулолиум	17,7	19,9	18,8

Качественный сенаж и сено были получены при уборке эспарцета в фазу до начала цветения. Сено и сенаж, приготовленные из эспарцета в конце цветения, относились ко 2 классу качества (таблица 4).

Таблица 4 – Химический состав сена и сенажа из эспарцета, заготовленных в разные фазы вегетации

Корм	Содержание в абсолютно сухом веществе, %			
	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ
Бутонизация – начало цветения				
Сено	15,4	1,5	25,3	51,8
Сенаж	17,1	2,1	21,2	56,7
Массовое цветение				
Сено	10,4	2,5	32,8	48,5
Сенаж	10,7	2,6	31,1	49,4
Конец цветения				
Сено	9,8	2,6	35,4	47,9
Сенаж	10,9	2,1	33,2	47,9

В природно-климатических условиях Республики Беларусь эспарцет по основным показателям питательной ценности не уступает остальным многолетним бобовым культурам. Питательность сухого вещества зеленой массы эспарцета составляет 1,04 корм. ед. (11,65 МДж) с обеспеченностью ее 133 г переваримого протеина.

На основании полученных данных были разработаны основные принципы и закономерности при подборе видов многолетних трав и формировании травосмесей на основе эспарцета песчаного при производстве качественного сена:

– при составлении травосмеси на основе эспарцета песчаного необходимо учитывать биологические особенности культур, входящих в состав, а именно:

аналогичность ритмов роста, особенность формирования укосов основной культуры и ее компонентов. Эспарцет песчаный формирует 2 укоса. Учитывая данную особенность, лучшими компонентами для эспарцета из злаковых трав является тимopheевка, фестулолиум, которые формируют по два укоса за вегетацию. Включение злаковых компонентов позволит стабильно получать 124,1-125,3 ц/га сена. Травосмеси с включением злакового компонента лучше перевариваются, усваиваются, поедаются. При уборке и приготовлении сена, сенажа и силоса меньше потерь, и, как следствие, выше качество животноводческой продукции;

– для сохранения плотного полноценного по густоте травостоя без снижения его продуктивности целесообразно формировать трехкомпонентную травосмесь и включать в нее второй бобовый компонент, обеспечивающий стабильную по годам урожайность (клевер луговой, люцерну посевную и др.). Подбор бобового компонента проводится по уровню конкурентоспособности в ценозе. Включение второго бобового компонента в травосмесь позволит стабильно получать 20,2-21,5 ц/га белка в год без дополнительных затрат (внесение азотных удобрений и т.д.);

– двух- и трехкомпонентные агрофитоценозы на основе эспарцета песчаного необходимо размещать на связноспесчаных и суглинистых почвах с достаточной влагообеспеченностью. Поэтому при размещении сенокосных угодий на основе эспарцета песчаного и подборе компонентов для травосмесей с его участием следует учитывать этот аспект.

Выводы

1. На основании полученных результатов разработан способ подбора компонентов и состава бобовых и бобово-злаковых травосмесей с участием эспарцета для производства качественного сена, основанный на включении в состав травосмеси второго бобового компонента (клевер луговой, люцерна посевная) для повышения протеиновой ценности, продуктивности травостоя, и злакового (тимopheевка, фестулолиум и др.) – для оптимизации качественных характеристик корма и технологичности его заготовки.

2. Подбор злаковых компонентов проводится на основе аналогичности ритмов роста: эспарцет формирует за вегетацию двухукосные сенокосные травостои. Злаковые компоненты также должны формировать двухукосные травостои.

3. Подбор дополнительного бобового компонента проводится по уровню его конкурентоспособности в ценозе, доля бобового компонента в общем урожае должна составлять не более 40 %.

Литература

1. Абанина, О.А. Влияние многолетних бобовых трав на агрофизические свойства и плодородие почвы в различных севооборотах Юго-Востока ЦЧЗ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / О.А. Абанина. – Каменная Степь, 2013. – 20 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Дронова, Т.Н. Научное обоснование и технологии выращивания программируемых урожаев многолетних трав на орошаемых землях в зоне сухих степей Нижнего Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. наук / Т.Н. Дронова. – Волгоград, 1995. – 320 с.

4. Игнатъев, С.А. Результативность селекции эспарцета на кормовую и семенную продуктивность / С.А. Игнатъев, А.А. Регидин // *Зерновое хозяйство России*. – 2018. – № 3 (57). – С. 49–52.

5. Кучиев, И.Э. Значение эспарцета для кормовой базы РСО-Алания / И.Э. Кучиев // *Студенческая наука – агропромышленному комплексу: сб. научн. трудов студентов Горского государственного аграрного университета*. – Владикавказ, 2020. – С. 50-52.

6. Макаро, В.М. Продуктивное долголетие сенокосных травостоев на торфяной почве / В.М. Макаро, В.И. Поплевко // *Сорта и технологии: инновации в растениеводстве: матер. Междунауч.-практ. конф.* – Щучин, 2010. – С. 146-149.

7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – 1983. – 197 с.

8. Мишуров, А.В. Сено из бобовых культур как источник повышения полноценности рационов для высокопродуктивных коров / А.В. Мишуров, В.М. Дуборезов, И.И. Бойко, И.В. Суслова // *Проблемы биологии продуктивности животных*. – ВНИИФБиП. – Боровск, 2015. – № 1. – С. 96–107.

9. Панков, Д.М. Совершенствование технологии возделывания эспарцета песчаного (*Onobryhis arenaria*) на семена в Бийской лесостепи: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / Д.М. Панков. – Барнаул, 2004. – 18 с.

ON THE PROBLEM OF CREATING A PRODUCTIVE SWARD ON THE BASIS OF HUNGARIAN SAINFOIN FOR OBTAINING HIGH QUALITY HAY

I.A. Cherepok, A.A. Borovik, S.V. Abraskova

*The paper presents the results of the research on cultivating Hungarian sainfoin (*Onobryhis arenaria* D.C.) in pure and mixed agrophytocenoses for obtaining high quality hay under the conditions of the central part of the Republic of Belarus. The regularity for increasing the yield of three component mixtures with Hungarian sainfoin in comparison with its one species planting is established. On the basis of the findings the method of selecting components and composition of legume and legume-grass mixtures with sainfoin has been developed for obtaining high quality hay.*

УДК 633.321.631[559+563]:631[531.04+84]

ПОЛЕВАЯ ВСХОЖЕСТЬ, СОХРАННОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО И ПОКРОВНОЙ КУЛЬТУРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА, СРОКОВ СЕВА И ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Л.В. Володькина, научный сотрудник, **А.А. Боровик, Е.И. Чекель,**

И.А. Черепок, кандидаты с.-х. наук

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Поступила 24.03.2021)*

Рецензент: Шор В.Ч., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье проанализированы результаты по влиянию норм высева, сроков сева, доз азотных удобрений на полевую всхожесть, сохранность, урожайность клевера лугового и покровной культуры. Установлено, что полноценные всходы формируются при весеннем сроке сева. Полевая

всхожесть колеблется в пределах от 40,0 до 58,0 %, тогда как при летнем сроке посева от 26,5 до 32,0 %. С увеличением нормы высева клевера лугового с 2 до 6 млн шт./га всхожих семян повышается его урожайность на 11,2 %. Увеличение дозы азотных удобрений под покровную культуру с N_{60} до N_{120} в первый год жизни привело к снижению урожайности в первый год пользования клевера лугового на 8,8-9,3 %. Более поздняя уборка ячменя на зерно снижает продуктивность клевера лугового на 8,0-8,3 % по сравнению с вариантами после его уборки в молочно-восковую спелость.

Возделывание клевера лугового показало целесообразность его высева как под озимые, так и под яровые зерновые культуры. На плодородных клеверо-пригодных почвах получают 40-60 ц/га зерновых культур и выше. Это влечет интенсивное использование покровной культурой световых, водных и пищевых ресурсов. Подсеянный под покров клевер луговой в значительной степени этих ресурсов лишается. Высокая урожайность зерновых культур выступает угнетающим фактором для подсеваемых многолетних бобовых трав [1, 2].

Бобовая культура под покровом озимых изреживается сильнее, чем под яровыми зерновыми. В условиях с достаточным выпадением осадков в период вегетации и влажности почвы, близкой к оптимальной, наибольшее количество всходов клевера лугового было под покровом ячменя. Данные ряда исследований показывают, что урожайность его зависит и от скороспелости сорта покровной культуры [3, 4]. Один из путей получения высоких урожаев клевера лугового – использование короткостебельных сортов ячменя с уменьшенной нормой высева [5].

Оптимальная густота покровных зерновых, регулируемая нормами высева, является важным условием, от которой зависит продуктивность подпокровных бобовых культур [6]. Как сильное загущение, так и редкий стеблестой растений приводят к снижению продуктивности клевера. Только при оптимальной густоте стояния растений покровной культуры наилучшим образом проявляется полезная продуктивность растений подсеваемой культуры, наиболее полно и рационально используются запасы влаги и питательных веществ почвы, обеспечивается высокая фотосинтетическая деятельность листьев и получается максимальный урожай сена и семян. С увеличением нормы высева клевера лугового урожайность зеленой массы в сумме за два укоса из-под покрова на зерно возрастает на 3,1-29,4 % [7]. Возделывание клевера лугового в чистом виде позволяет в значительной степени экономить азотные удобрения. Внесение фосфорных и калийных удобрений положительно сказывается на продуктивности и качестве клеверов [8].

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в РУП «Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, развивающейся на водноледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м мореным суглинком. Содержание гумуса в почве – 2,38 %, подвижных форм P_2O_5 – 240 мг/кг и обменного K_2O – 220-260 мг/кг почвы. Объектом исследований был клевер луговой

раннеспелый тетраплоидный сорт *Устойливы*. Клевер луговой высевался с нормами 2, 4 и 6 млн шт./га всхожих семян под ячмень с нормой высева 3,5 и 5 млн шт./га всхожих зерен. Дата посева – третья декада апреля. Ячмень высевался сеялкой Rabe, а клевер – СН-16. Азотные удобрения вносили в дозах 60, 90 и 120 кг/га д.в. В фазу первого тройчатого листа клевера лугового вносился гербицид Базагран М, ВР в норме 2 л/га. Ячмень убирали в фазу молочно-восковой спелости зерна и на зерно в фазу полной спелости. В исследования включен и вариант с посевом клевера в первую декаду августа, после уборки ячменя на зерно, с минимальной обработкой почвы – дискование стерни и посев СН-16. Опыты проводили в 4-х кратной повторности, размер учетной делянки – 25 м². Общее количество делянок – 172 шт. Размещение вариантов систематическое со смещением.

Результаты исследований и обсуждение. Установлено, что в 2010 г. полевая всхожесть семян клевера лугового находилась в пределах от 48 до 68 % в зависимости от нормы высева покровной и бобовой культуры, а также уровня азотного питания растений. Указанный выше показатель при посеве клевера в августе колебался в пределах от 28 до 34 %. При весеннем севе в 2011 г. полевая всхожесть бобовой культуры составила 26,7-49 %, а при его посеве в августе – 25-30 %. В среднем за годы исследований полевая всхожесть семян клевера лугового при весенним посеве была на уровне 40,0-58,0 %, при летнем – 26,5-32,0 % (таблица 1).

Таблица 1 – Полевая всхожесть клевера в зависимости в зависимости от дозы внесения азотных удобрений, нормы высева подсеянной и покровной культуры и фазы ее уборки, (%)

Вариант	Дозы азота, кг/га	2010 г.			2011 г.			Среднее за 2 года		
		Норма высева клевера лугового, млн шт./га								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
Весенний беспокровный посев	N ₀	68,0	53,5	55,0	48,0	41,5	35,3	58,0	47,5	45,2
3,5 млн шт./га ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	65,0	56,0	54,7	39,0	35,5	32,3	52,0	45,8	43,5
	N ₉₀	63,0	52,0	56,3	38,0	28,5	29,7	50,5	40,3	43,0
	N ₁₂₀	61,0	51,0	56,0	49,0	32,0	32,0	55,0	41,5	44,0
3,5 млн шт./га ячменя, на зерно	N ₆₀	59,0	53,5	59,0	36,0	29,0	29,7	47,5	41,3	44,4
	N ₉₀	66,0	56,5	58,0	38,0	28,5	27,7	52,0	42,5	42,9
	N ₁₂₀	65,0	50,0	57,3	37,0	30,5	28,3	51,0	40,3	42,8
5 млн шт./га ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	60,0	48,5	60,0	46,0	31,5	30,0	53,0	40,0	45,0
	N ₉₀	64,0	48,0	58,7	49,0	34,5	31,3	56,5	41,3	45,0
	N ₁₂₀	65,0	53,0	60,7	45,0	28,0	29,7	55,0	40,5	45,2
5 млн шт./га ячменя, на зерно	N ₆₀	62,0	47,5	59,3	49,0	33,0	26,7	55,5	40,3	43,0
	N ₉₀	67,0	51,0	55,3	41,0	31,5	30,3	54,0	41,3	42,8
	N ₁₂₀	61,0	56,0	58,7	41,0	28,5	31,7	51,0	42,3	45,2
Посев после уборки ячменя на зерно (август)	N ₉₀	34,0	30,0	28,0	30,0	26,0	25,0	32,0	28,0	26,5
Среднее		61,4	50,5	55,5	41,9	31,3	30,0	51,6	40,9	42,8

В среднем полевая всхожесть в 2010 г. по вариантам при норме высева 2 млн шт./га клевера лугового составила 61,4 %, что на 10,9 % больше, чем при норме высева 4 млн шт./га и на 5,9 % при высева 6 млн шт./га. Проведенный корреляционный анализ выявил слабую отрицательную связь между полевой всхожестью семян и нормой высева клевера лугового, где коэффициент корреляции составил $r = -0,28$. В 2011 г. средняя полевая всхожесть по вариантам при норме высева 2 млн шт./га клевера лугового составила 41,9 %, что на 10,6 % больше, чем при норме высева 4 млн шт./га и на 11,9 % при высева 6 млн шт./га. Корреляционный анализ выявил тесную отрицательную связь между полевой всхожестью семян и нормой высева клевера лугового, коэффициент корреляции составил $r = -0,71$. Различия по полевой всхожести семян клевера лугового между весенним беспокровным посевом и посевом в августе при разных нормах высева составили: в 2010 г. 23,5-34,0 %; в 2011 г. – 15,5-18,0 %.

Наиболее выровненный по густоте и полноценный по развитию травостой клевера лугового формировался при весеннем беспокровном посеве. Данный посев обеспечил также самую высокую сохранность растений в течение вегетационного периода в первый год жизни: в 2010 г. 92,7-94,1 %; в 2011 г. 90,4-93,8 % (таблица 2).

Таблица 2 – Сохранность растений клевера лугового перед уходом в зиму в зависимости от дозы внесения азотных удобрений, нормы высева подсеянной и покровной культуры и фазы ее уборки, (%)

Вариант	Дозы азота, кг/га	2010 г.			2011 г.			Среднее за 2 года		
		Норма высева клевера лугового, млн шт./га								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
Весенний беспокровный посев	N ₀	94,1	93,5	92,7	93,8	90,4	92,5	94,0	92,0	92,6
3,5 млн. шт./га ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	84,6	81,3	81,1	82,1	80,3	80,4	83,4	80,8	80,8
	N ₉₀	82,5	81,7	79,3	81,6	78,9	76,4	82,1	80,3	77,9
	N ₁₂₀	78,7	76,5	75,0	73,5	71,9	69,8	76,1	74,2	72,4
3,5 млн. шт./га ячменя, на зерно	N ₆₀	79,7	78,5	79,1	72,2	70,7	68,5	76,0	74,6	73,8
	N ₉₀	74,2	73,5	71,8	63,2	63,2	57,8	68,7	68,4	64,8
	N ₁₂₀	70,8	69,0	67,4	51,4	47,5	45,9	61,1	58,3	56,7
5 млн. шт./га ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	83,3	80,4	77,2	80,4	82,5	75,6	81,9	81,5	76,4
	N ₉₀	75,0	72,9	69,3	75,5	75,4	72,3	75,3	74,2	70,8
	N ₁₂₀	72,3	65,1	61,5	62,2	58,9	57,3	67,3	62,0	59,4
5 млн. шт./га ячменя, на зерно	N ₆₀	72,6	71,6	68,0	63,3	60,6	58,8	68,0	66,1	63,4
	N ₉₀	61,2	57,8	51,2	51,2	50,8	48,4	56,2	54,3	49,8
	N ₁₂₀	52,5	49,1	47,2	36,6	33,3	31,6	44,6	41,2	39,4
Посев после уборки ячменя на зерно	N ₉₀	88,2	86,7	85,7	86,7	86,5	85,5	87,5	86,6	85,6
Среднее		76,4	74,1	71,9	69,6	67,9	65,8	73,0	71,0	68,8

Наименьшая сохранность клевера лугового отмечена в варианте с нормой высева ячменя 5,0 млн шт./га, дозой N₁₂₀ и уборкой его на зерно: 2010 г. 47,2-

52,5 %; в 2011 г. – 31,6-36,6 %. В вариантах с той же нормой высева ячменя и дозой азота N_{120} , но при уборке ячменя в молочно-восковую спелость этот показатель составил 61,5-72,3 % в 2010 г., 57,3-62,2 % в 2011 г.

Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений клевера лугового под покровом ячменя отмечены в трех вариантах: норма высева 3,5 млн шт./га, N_{60-90} , уборка на зерносеяж; норма высева 5 млн шт./га, N_{60} , уборка на зерносеяж; норма высева 3,5 млн шт./га, N_{60} и уборка на зерно. Сохранность растений клевера лугового после уборки покровной культуры в этих вариантах в 2010 г. составила 79,7-85,5 %, в 2011 г. 73,7-86,7 %. Перед уходом в зиму эти показатели в 2010 г. составили 77,2-84,6 %, в 2011 г. – 68,5-82,1 %.

Анализируя показатели урожайности ячменя в среднем за 2 года при увеличении нормы высева этой культуры до 5,0 млн шт./га его урожайность была незначительно выше относительно нормы высева 3,5 млн шт./га. Так, по зерну разница составила 1,8 ц/га, по зеленой массе и сухому веществу 3 и 1 ц/га. Увеличение внесения под ячмень азота с N_{60} до N_{120} привело к повышению урожайности зеленой массы на 5,8 %, сухого вещества на 6,1 % и зерна на 17,8 % (рисунок 1).

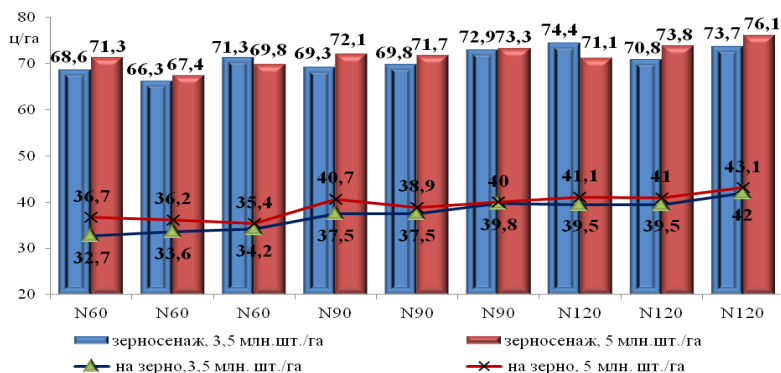


Рисунок 1 – Урожайность ячменя в зависимости от фазы уборки (среднее за 2011-2012 гг.)

Наибольшей урожайностью сухого вещества в среднем за два года характеризовался вариант весеннего беспокровного посева. За вегетационный период при норме высева клевера 2 млн шт./га этот показатель составил 112,4 ц/га, при 4-6 млн шт./га 125,6-126,7 ц/га (таблица 3). Из вариантов высева клевера под покров ячменя большую урожайность формировали травостои, заложенные под ячмень, убираемый в молочно-восковую спелость, а также в вариантах с внесением N_{60} и уборке ячменя на зерно. При сравнении величины урожайности в вариантах с подсевом клевера под ячмень на зерно с нормой высева 5 млн шт./га и дозой азота N_{120} с весенними беспокровными, то в них этот показатель был выше на 9,9-13,4 ц/га в первом укосе и на 19,3-22,9 ц/га во втором. Низкая

урожайность как в первом укосе, так и во втором формировалась в вариантах летнего беспокровного посева. Варианты с внесением N_{60} и уборкой ячменя на зерно превосходили их в первом укосе на 36,0-38,7 %, во втором – на 13,5-16,6 %.

Средняя урожайность сухого вещества травостоев с весенним посевом без покрова и под покров ячменя за годы исследований была при норме высева 2 млн шт./га 98,9 ц/га сухого вещества; при 4 млн шт./га 105,7 ц/га; при 6 млн шт./га 110,4 ц/га.

Таблица 3 – Урожайность сухого вещества клевера первого года пользования в зависимости от дозы внесения азотных удобрений, нормы высева покровной культуры и фазы ее уборки, ц/га (среднее за 2011-2012 гг.)

Вариант	Доза азота кг/га	Сухое вещество ц/га								
		Норма высева клевера лугового, млн. шт./га								
		1 укос			2 укос			Сумма за 2 укоса		
		2	4	6	2	4	6	2	4	6
Беспокровный посев	N_0	60,1	66,9	68,8	52,3	58,7	57,9	112,4	125,6	126,7
3,5 млн шт./га ячменя, молочно-восковая спелость	N_{60}	56,3	58,9	58,9	50,3	56,1	60	106,6	115	118,9
	N_{90}	54,1	56,8	55,1	50,3	52,0	56,8	104,4	108,8	111,9
	N_{120}	55,2	56,0	57,9	43,9	48,3	46,7	99,0	104,3	104,6
3,5 млн шт./га ячменя, на зерно	N_{60}	54,9	56,5	57,6	45,2	49,0	52,9	97,0	105,5	110,5
	N_{90}	51,8	52,6	60,3	41,9	44,8	47,4	93,7	97,4	107,7
	N_{120}	59,5	61,5	63,7	37,7	39,0	42,3	96,7	100,5	106,0
5 млн шт./га ячменя, молочно-восковая спелость	N_{60}	55,1	57,9	61,2	48,1	53,9	57,5	103,2	111,7	118,7
	N_{90}	57,2	61,3	61,5	46,2	51,8	54,4	103,3	113,0	115,9
	N_{120}	54,8	55,8	57,9	41,6	45,7	47,0	96,4	101,4	104,9
5 млн шт./га ячменя, на зерно	N_{60}	55,0	57,6	61,9	43,4	47,3	48,9	98,4	104,9	110,8
	N_{90}	54,9	55,3	59,7	37,3	40,7	41,8	92,1	95,9	101,5
	N_{120}	50,2	53,5	58,9	32,8	36,8	38,6	83,0	90,2	97,5
Посев клевера после уборки ячменя (5 млн шт./га) на зерно	N_{90}	36,2	39,1	43,3	28,9	32,2	33,1	65,1	71,3	76,3
Среднее		54,0	56,4	59,1	42,9	46,9	49,0	96,5	103	108
НСР ₀₅ частных средних			6,5			5,7		10,5		

Урожайность клевера в летних беспокровных вариантах в среднем за два года составила 65,1, 71,3 и 76,3 ц/га сухого вещества. Клевер луговой *Устойливы*, являясь тетраплоидным сортом, даже при низкой густоте растений способен формировать высокую урожайность. Однако, если растения вышли из зимовки ослабленными, эта способность теряется. Лучше всего это видно по урожайности травостоев летнего посева. За короткий вегетационный период первого года жизни растения клевера просто не успевали сформировать мощную корневую систему и розетку с 6-8 листьями, а весеннее отрастание было медленным и растянутым.

Анализируя урожайность сухого вещества за два укоса, видно, что с увеличением нормы высева клевера лугового с 2 до 6 млн шт./га повышается его урожайность на 11,2 %. Увеличение дозы азотных удобрений под покровную культуру с N_{60} до N_{120} в первый год жизни привело к снижению урожайности в первый год пользования клевера лугового на 8,8 и 9,3 % соответственно. Более поздняя уборка ячменя на зерно приводит к снижению продуктивности клевера лугового на 8,0-8,3 % по сравнению с вариантами после его уборки в молочно-восковую спелость.

Проведенный нами корреляционный анализ показал, что на урожайность сухого вещества клевера лугового первого года пользования оказывают сильное положительное влияние такие факторы, как полевая всхожесть и сохранность растений клевера перед уходом в зиму ($r=0,83$).

Заключение

1. Полноценные всходы клевера лугового формируются при весеннем сроке сева. Полевая всхожесть колеблется в пределах от 40,0 до 58,0 %, тогда как при летнем сроке посева только от 26,5 до 32,0 %.

2. Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений клевера лугового под покровом ячменя отмечены в трех вариантах: норма высева 3,5 млн шт./га, доза азота N_{60-90} , уборка в молочно-восковую спелость; норма высева 5 млн шт./га, N_{60} , уборка на зерносеяж; норма высева 3,5 млн шт./га, N_{60} и уборка на зерно.

3. Корреляционный анализ показал, что на урожайность сухого вещества ($r=0,83$) клевера лугового первого года пользования оказывают сильное положительное влияние такие факторы, как полевая всхожесть и сохранность растений клевера перед уходом в зиму.

Литература

1. *Спевак, Б.И.* Значение покровных культур для клевера красного в условиях супесчаных почв Гродненской области/ Б. И. Спевак, В. К. Бегер // Достижения науки. – Минск, 1986. – С. 93-98.
2. *Чекель, Е.И.* Возделывания клевера лугового и гибридного / Е.И. Чекель, В.В. Суходольская, Л.В. Дервояд // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Науч. - практ. центр НАН Беларуси по земледелию». 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С.210-218.
3. *Чаев, Е.П.* Совершенствование технологических приемов семеноводства клевера / Е.П. Чаев, З.Ф. Николаева, В.П. Летковский // Вестник с.-х. науки. – 1987. – № 7. – С. 100-104.
4. *Утенышев, Ю.П.* Ячмень как покровная культура для клевера / Ю.П. Утенышев, Н.Р. Утенышева // Кормопроизводство. – 1986. – № 7. – С. 42-44.
5. *Кутузов, Г.П.* Покровная культура и продуктивность / Г.П. Кутузов, Н.Ю. Красавина // Кормопроизводство. – 1986. – № 8. – С. 12-13.
6. *Шлапунов, В.Н.* Полевое кормопроизводство / В.Н. Шлапунов.-2-е изд., перераб. и доп.-Мн.: Ураджай, 1991. – 288 с.
7. *Гавриков, С.В.* Урожайность клевера лугового в зависимости от норм высева и покровной культуры / С.В. Гавриков // Актуальные проблемы адаптивной интенсификации

земледелия на рубеже столетий (материалы международной конференции. 16 июня 2000 г., г. Щучин). – Минск: Бел-изд. Тов-во «Хата», 2000. – 492 с.

8. Босак, В.Н. Влияние удобрений на продуктивность и качество клевера лугового / В.Н. Босак // Кормопроизводство. – 2001. – №5. – С.26-26.

FIELD GERMINATION, PRESERVATION AND YIELD OF MEADOW CLOVER AND A COVER CROP IN RELATION TO SOWING RATES, SOWING DATES AND DOSES OF NITROGEN FERTILIZERS

L. V. Volodz'kina, A. A. Borovik, E. I. Chekel, I. A. Cherepok

The paper analyzes the results on the impact of sowing rates and dates, doses of nitrogen fertilizers on field germination, preservation and yield of meadow clover and a cover crop. It's established that proper seedlings are formed during the spring sowing period. Field germination varies from 40 % to 58 %, and during the summer sowing period it varies from 26.5 % to 32 %. With the increase of meadow clover sowing rates from 2 to 6 mln seeds/ha its yield increases by 11.2 %. The increase of the dose of nitrogen fertilizers applied to a cover crop from N_{60} to N_{120} during the first year brings about the reduction of the yield of meadow clover by 8.8-9.3 %. A later barley harvest for grain reduces the productivity of meadow clover by 8-8.3 % in comparison with the variants after harvesting at the grain milk stage.

УДК 633.321:631.1(003.13):631[531.048+84]

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА, ДОЗЫ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРОКА УБОРКИ ПОКРОВОЙ КУЛЬТУРЫ

Л.В. Володькина, научный сотрудник, **А.А. Боровик**, **Е.И. Чекель**,

Д.Н. Володькин, кандидаты с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 25.03.2021)

Рецензент: Скируха А.Ч., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приведены результаты трехлетних исследований по выявлению наиболее оптимального срока сева, дозы внесения азотных удобрений под покровную культуру, нормы высева клевера и ячменя. Установлено, что наиболее высокая величина чистого дохода (2280,1-2263,4 руб./га) и уровень рентабельности (130,9-123,8 %) при возделывании клевера на зеленую массу обеспечиваются при апрельском беспокровном севе с нормой высева 4 и 6 млн. шт./га. При посеве клевера под покровную культуру наибольший чистый доход (2162,7-2262,7 руб./га) и рентабельность (102,5 %) обеспечивают варианты при норме высева клевера 4 и 6 млн. шт./га с уборкой ячменя в молочно-восковую спелость при норме его высева 3,5 млн шт./га на фоне внесения азота N_{60} .

Выращивание клевера лугового – наиболее доступный ресурс поддержания и наращивания почвенного плодородия, решения белковой проблемы, производства дешевых кормов, обеспечение максимальной продуктивности и экономической эффективности используемой пашни при наименьших затратах

энергетических, трудовых и финансовых ресурсов [1-3]. В настоящее время недооцениваются возможности получения высокобелковых кормов за счет реализации биологического потенциала бобовых культур из-за низкого уровня агротехники [4]. Развитие клевера лугового в год посева зависит от биологических особенностей сорта, от сроков и способов посева (под покров или без покрова), от плодородия почвы, погодных условий и т.д. Возделывание клевера лугового в чистом виде позволяет в значительной степени экономить азотные удобрения. Внесение фосфорных и калийных удобрений положительно сказывается на продуктивности и качестве клеверов [5]. Для получения в республике сельскохозяйственной продукции ежегодно применяют 700 тыс. т действующего вещества азотных удобрений, что составляет более 300 млн дол. США. Применение приемов эффективного ресурсосберегающего использования азотных удобрений имеет большое экономическое значение [6].

Проблема современного травосеяния – формирование полноценных по густоте и развитию травостоев. Используемые в производстве сорта клевера способны выдерживать покров озимых зерновых культур с урожайностью 25-30 ц/га, яровых колосовых с урожайностью 30-35 ц/га при внесении не более 45-60 кг д.в. азота на 1 га. Сельскохозяйственные предприятия в настоящее время на плодородных клеверопригодных почвах собирают по 40-60 ц/га зерновых колосовых и выше. Это влечет интенсивное использование покровной культурой световых, водных и пищевых ресурсов. Подсеянный под покров клевер луговой в значительной степени этих ресурсов лишается. Такой уровень урожайности зерновых колосовых выступает ограничивающим фактором для подсеваемого под покров клевера и других многолетних бобовых трав. В связи с этим необходима разработка приемов возделывания, способствующих формированию высокой продуктивности колосовой культуры при одновременном сохранении подпокровно высеянного клевера лугового.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой, развивающейся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м мореным суглинком, связно-супесчаной почве. Содержание гумуса в почве 2,38 %, подвижных форм P_2O_5 – 240 мг и обменного K_2O – 220 мг на 1 кг почвы. Объектом исследований был клевер луговой раннеспелый, тетраплоидный сорт *Устойливый*. Клевер луговой высевался с нормами 2, 4 и 6 млн шт./га под ячмень с нормой посева 3,5 и 5 млн всхожих зерен на гектар. Дата посева – третья декада апреля. Ячмень высевали сеялкой Rabe, а клевер – СН-16. Азотные удобрения вносили в дозах 60, 90 и 120 кг/га д.в. В фазу первого тройчатого листа клевера лугового вносили гербицид Базагран М, ВР (2 л/га). Ячмень убирали на зерносеуж в фазу молочно-восковой спелости зерна и на зерно в фазу восковой спелости. В исследование включен и вариант с посевом клевера в первую декаду августа после уборки ячменя на зерно с минимальной обработкой почвы – дискование стерни и посев СН-16. Опыты проводили в 4-кратной повторности, размер учетной делянки 25 м². Общее количество делянок 172 при систематическом размещении вариантов со смещением.

Исследования выполняли в соответствии методикой полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований и с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [8, 9]. Расчеты экономической эффективности проводили соотношением полученных результатов через производство молока.

Метеорологические условия в период проведения исследований значительно изменялись по годам и отличались от среднееголетних значений. Погодные условия вегетационного периода 2010 г. оказались максимально благоприятными для хорошего роста и развития клевера лугового. Сумма активных температур с мая по сентябрь составила 1930 °С, количество осадков было выше нормы на 47 %. Гидротермический коэффициент за май-октябрь составил 2,1 при среднееголетнем уровне этого показателя для региона, где проводились исследования, 1,63. Во время зимовки 2010-2011 гг. опасных явлений для травостоя клевера лугового не было. Погодные условия 2011 г. были благоприятными для появления всходов. Сумма активных температур за указанный выше период составила 1800 °С. Гидротермический коэффициент за май-октябрь составил 2,0. Количество осадков было близким к норме. Погодные условия 2012 г. оказались менее благоприятными. Негативным моментом в формировании урожая зеленой массы явились чрезвычайно высокие температуры воздуха при значительном дефиците осадков в июле, именно в критический период развития культуры. Гидротермический коэффициент за май-октябрь составил 1,6, что свидетельствует о недостаточной влагообеспеченности растений. Сумма активных температур была выше нормы на 11 %.

Результаты исследований и обсуждение. При возделывании клевера лугового под покровом ячменя в среднем за два года посеvy первого года пользования с учетом продуктивности первого года жизни обеспечивали получение 11,0-12,8 т/га кормовых единиц (таблица 1). Наибольший сбор (12,8 т/га) имели варианты с максимальной нормой высевы клевера и минимальной покровной культуры при внесении азота в дозах N_{60} и N_{120} . Наименьшей величиной этого показателя характеризовались варианты при минимальной норме высевы клевера и уборки ячменя на зерно. Весенний беспокровный посев за два года жизни в зависимости от загущенности сформировал от 10,3 до 11,7 т/га. Летний срок сева (первая декада августа) обеспечил самый минимальный сбор кормовых единиц из всех вариантов – 4,7-5,5 т/га. Проведенные исследования показали, что загущение посевов клевера приводит к увеличению выхода кормовых единиц на 9,2 %. Относительно вариантов совместно с ячменем посеvy клевера в чистом виде имели меньший его выход – весенний посев на 5,9 %, августовский – на 57,1 %.

В связи с тем, что зеленая масса изучаемой культуры практически не является товарной продукцией, а используется на корм животным внутри хозяйства, расчеты экономической эффективности проведены через производство молока. Наибольшую стоимость корма в животноводческой продукции имели варианты с нормой высевы клевера 6 млн шт./га и 3,5 млн шт./га покровной культуры с дозой внесения N_{60} и N_{120} – 4476,5 руб./га. Наименьшим показателем обладали

Таблица 1 – Эффективность возделывания клевера лугового 1 г.п. при посеве под покров ячменя, руб./га

Вариант	Доза азота кг/га	Всего затрат				Выход к ед. в корме, т/га				Стоимость корма в животноводческой продукции, руб./га			
		Норма высева клевера млн/шт.											
		2	4	6		2	4	6		2	4	6	
Беспокровный посев	N ₀	1626,0	1741,4	1828,1		10,3	11,5	11,7		3608,5	4021,5	4091,5	
3,5 млн ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	2017,3	2110,8	2210,3		11,7	12,2	12,8		4109,0	4273,5	4476,5	
	N ₉₀	2078,9	2170,0	2263,3		11,6	12,0	12,4		4067,0	4189,5	4329,5	
	N ₁₂₀	2144,7	2228,6	2316,0		11,5	11,7	11,9		4035,5	4095,0	4161,5	
	N ₆₀	2619,2	2726,6	2830,9		11,0	11,7	12,2		3850,0	4105,5	4256,0	
ячменя, на зерно	N ₉₀	2778,7	2870,9	3020,2		11,4	11,6	12,7		3972,5	4067,0	4427,5	
	N ₁₂₀	2902,8	2997,1	3137,4		11,8	12,1	12,8		4137,0	4231,5	4476,5	
5 млн ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	2114,6	2205,2	2306,2		11,7	12,0	12,7		4077,5	4207,0	4438,0	
	N ₉₀	2182,3	2281,9	2371,9		11,7	12,4	12,7		4098,5	4333,0	4438,0	
	N ₁₂₀	2230,9	2327,9	2420,5		11,2	11,7	12,1		3902,5	4084,5	4221,0	
	N ₆₀	2806,1	2892,5	2963,8		11,6	12,0	12,3		4060,0	4200,0	4315,5	
5 млн ячменя, восковая спелость	N ₉₀	2949,6	2999,3	3114,8		11,6	11,7	12,2		4070,5	4088,0	4277,0	
	N ₁₂₀	3006,1	3100,9	3244,7		11,0	11,5	12,3		3860,5	4039,0	4312,0	
Посев клевера после уборки ячменя	N ₉₀	869,3	963,1	1054,3		4,7	5,1	5,5		1641,5	1799,0	1925,0	
Среднее		2309,0	2401,2	2505,9		10,9	11,4	11,9		3820,8	3981,0	4153,0	

варианты августовского срока сева – 1641,5-1925,0 рублей. В вариантах весеннего беспокровного посева стоимость продукции составила от 3608,5 до 4091,5 руб./га. С увеличением нормы высева клевера отмечалось увеличение стоимости корма на 8,0 %. Влияние других факторов на этот показатель было незначительным.

Наибольшие совокупные затраты (ячмень + клевер) имели варианты с нормой высева 6 млн шт./га клевера и внесения N_{120} под покровную культуру с последующей уборкой на зерно – 3137,4-3244,7 руб./га. В то же время наименьшими они были (869,3-1054,3 руб.) при летнем беспокровном посеве в августе после уборки ячменя на зерно.

Увеличение нормы высева семян клевера с 2 до 6 млн шт./га, а также повышение дозы азотных удобрений под покровную культуру с N_{60} до N_{120} приводит к увеличению финансовых затрат на 7,8 и 7,0 % соответственно. Посев клевера без покрова (апрель и август) ведет к снижению затрат относительно посева под ячмень на 32,9 и 62,7 %.

Важными показателями при оценке экономической эффективности является чистый доход с одного гектара и рентабельность. Что касается чистого дохода, то наибольшим он был при весеннем беспокровном посеве при норме высева клевера 4 и 6 млн шт./га – 2280,1 и 2263,4 рублей соответственно. При посеве клевера под покров ячменя выделились варианты с внесением азота N_{60} и уборке покровной культуры в фазу молочно-восковой спелости – 2091,7-2262,7 рублей. Наименьший чистый доход получен в вариантах с летним сроком сева – 772,2-835,9 рублей (таблица 2).

Если сопоставлять по значимости изучаемые в опыте факторы, то можно отметить, что повышение нормы высева клевера лугового *Устойливы* с 2 до 6 млн шт./га увеличило чистый доход на 8,2 %. В то же время увеличение нормы высева покровной культуры приводило к его снижению на 7,8 %. Внесение высоких доз азотных удобрений (до N_{120}) приводило к снижению чистого дохода на 14,9 % относительно вариантов с минимальной дозой (N_{60}). Более высокие затраты на доработку и сушку зерна приводили к снижению на 38,7 % величины чистого дохода относительно вариантов уборки покровной культуры в молочно-восковую спелость.

Наименьшую себестоимость 1 т кормовой единицы имели варианты весеннего беспокровного срока сева – 151,6-157,7 руб./га. В вариантах с подсевом под покровную культуру минимальным этот показатель был при уборке ячменя в молочно-восковую спелость и внесении азота в дозе N_{60} . Наиболее высокая стоимость кормовой единицы отмечена в вариантах при уборке покровной культуры на зерно – 232,4-272,5 рублей. Проведенные расчеты показали, что увеличение дозы азотных удобрений под покровный ячмень играет менее существенное значение и повышает стоимость кормовой единицы только на 3,1 %. В вариантах с высокой нормой высева ячменя себестоимость кормовой единицы была на 4,8 % больше. Уборка ячменя на зерно повышала себестоимость 1 т продукции на 25,2 % относительно вариантов с уборкой в молочно-восковую спелость.

**Таблица 2 – Чистый доход, себестоимость и рентабельность при возделывании клевера лугового 1 г.п.
при возделывании под покровом ячменя**

Вариант	Доза азота кг/га	Чистый доход, руб./га			Себестоимость 1 т к.д., руб						Рентабельность, %		
					Норма высева клевера млн/шт.								
		2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Беспокровный посев	N ₀	1982,5	2280,1	2263,4	157,7	151,6	156,4	121,9	130,9	123,8			
3,5 млн ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	2091,7	2162,7	2262,7	171,8	172,9	173,0	103,7	102,5	102,4			
	N ₉₀	1988,1	2019,5	2066,2	178,9	181,3	183,0	95,6	93,1	91,3			
	N ₁₂₀	1890,8	1866,4	1845,5	186,0	190,5	194,8	88,2	83,8	79,7			
	N ₆₀	1230,8	1378,9	1425,1	238,1	232,4	232,8	47,0	50,6	50,3			
3,5 млн ячменя, на зерно	N ₉₀	1193,8	1196,1	1407,3	244,8	247,1	238,7	43,0	41,7	46,6			
	N ₁₂₀	1234,2	1234,4	1339,1	245,6	247,9	245,3	42,5	41,2	42,7			
	N ₆₀	1962,9	2001,8	2131,8	181,5	183,5	181,9	92,8	90,8	92,4			
	N ₉₀	1916,2	2051,1	2066,1	186,4	184,3	187,1	87,8	89,9	87,1			
5 млн ячменя, молочно-восковая спелость	N ₁₂₀	1671,6	1756,6	1800,5	200,1	199,5	200,7	74,9	75,5	74,4			
	N ₆₀	1253,9	1307,5	1351,7	241,9	241,0	240,4	44,7	45,2	45,6			
	N ₉₀	1120,9	1088,7	1162,2	253,6	256,8	254,9	38,0	36,3	37,3			
	N ₁₂₀	854,4	938,1	1067,3	272,5	268,7	263,4	28,4	30,3	32,9			
Посев клевера после ячменя	N ₉₀	772,2	835,9	870,7	185,4	187,4	191,7	88,8	86,8	82,6			
Среднее		1511,7	1579,8	1647,1	210,3	210,4	210,3	71,2	71,3	70,7			

Аналогично величине себестоимости 1 т к.ед. изменяется и уровень рентабельности. Он колеблется от 130,9 % в варианте весеннего беспокровного срока сева нормой высева 4 млн. шт./га до 28,4 % в варианте с подсевом клевера лугового под ячмень и его уборкой на зерно.

Себестоимость 1 ц зерна и рентабельность его производства находятся в тесной связи с чистым доходом. Только в первом случае корреляционная зависимость отрицательная ($r=-0,79$), во втором - положительная ($r=0,78$).

Заключение

Наиболее высокая величина чистого дохода (2280,1-2263,4 руб./га) и уровень рентабельности (130,9-123,8 %) при возделывании клевера на зеленую массу получены при весеннем беспокровном севе с нормой высева 4-6 млн шт./га. При посеве клевера под покровную культуру наибольший чистый доход (2162,7-2262,7 руб./га) и рентабельность (102,5 %) отмечены в вариантах с нормой высева клевера 4-6 млн шт./га с уборкой ячменя в молочно-восковую спелость, нормой высева 3,5 млн шт./га и внесением азота в дозе N_{60} .

Литература

1. *Спевак, Б.И.* Значение покровных культур для клевера красного в условиях супесчаных почв Гродненской области/ Б.И. Спевак, В.К. Бегер // Достижения науки. – Минск, 1986. – С. 93-98.
2. *Привалов, Ф.И.* Оптимизация структуры многолетних трав как фактор стабилизации производства кормов и растительного белка / Ф. И. Привалов, П. П. Васько // Белорусское сельское хозяйство. – 2017. – № 1. – С. 9-11.
3. *Чекель, Е.И.* Основные приемы возделывания клевера лугового / Е.И. Чекель, П.П. Васько, Л.В. Володькина // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», – 3-е изд., доп. и перераб. Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – С. 293-306.
4. *Спиридонов, А.М.* Сортовые особенности продуктивности клевера лугового в условиях Северо-запада России / А.М. Спиридонов, А.М. Мазин // Аграрная Россия. – 2020. – № 7. – С. 11-16.
5. *Босак, В. Н.* Влияние удобрений на продуктивность и качество клевера лугового / В.Н. Босак // Кормопроизводство. – 2001. – №5. – С.26-26.
6. *Семененко, Н.Н.* Роль азотных удобрений в повышении эффективности земледелия, экологии и экономике Беларуси / Н.Н. Семененко // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы Межд. науч.-практ. конф., Минск, 14 фев.2019 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 94-95.
7. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 155 с.

ECONOMIC EFFICIENCY OF MEADOW CLOVER CULTIVATION IN RELATION TO SOWING RATES, NITROGEN FERTILIZERS DOSES AND HARVEST TIME OF A COVER CROP

L.V. Volodzina, A.A. Borovik, E.I. Chekel, D.N. Volodzin

The article states the results of the research on identifying the most optimal sowing dates, doses of nitrogen fertilizers application to a cover crop, sowing rates of clover and barley. It's es-

established that with cultivating clover for green mass the highest net income (2280.1-2263.4 ruble/ha) and level of profitability (130.9-123.8%) is provided when it is sown without a cover crop in April at a rate of 4 and 6 mln ps/ha. When seeding clover with a cover crop the highest net income (2162.7-2262.7 ruble/ha) and profitability (102.5%) is provided with clover sowing rate of 4 and 6 mln ps/ha and barley harvest at the stage of milk-wax ripeness at a sowing rate of 4 and 6 mln ps/ha against the background of N_{60} application.

УДК 633.321:631.582

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО КАК РЕЗЕРВ ПОПОЛНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ

А. Ч. Скируха, А. А. Усеня, Л. Н. Грибанов, кандидаты с.-х. наук, **С. И. Тупик**,
научный сотрудник

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 26.03.2021)*

Рецензент: Булавин Л. А., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований, проведенных в длительном стационарном опыте по изучению режима возделывания многолетних бобовых трав на основе клевера лугового в различных видах специализированных севооборотах. Определено влияние концентрации, продолжительности использования и периода возврата клевера на прежнее место в севообороте на пополнение содержания органического вещества и основных элементов минерального питания в почве.

В настоящее время в Беларуси актуальной проблемой является сохранение почвенного плодородия. Важнейшее значение при этом имеет поддержание на оптимальном уровне баланса органического вещества в почве. На протяжении многих лет баланс органического вещества поддерживался за счет широкого использования торфа на удобрение. В настоящее время в связи с переводом животноводства на бесподстилочное содержание и резким уменьшением торфяных запасов снизилась заготовка и применение органических удобрений. В этих условиях возрастает роль структуры посевных площадей и севооборота в регулировании баланса органического вещества в почве за счет увеличения количества корневых и поверхностных растительных остатков. Важнейшим источником увеличения поступления органического вещества в почву является совершенствование структуры и оптимизация использования в севооборотах многолетних трав. Именно многолетним травам и, в частности, клеверу луговому принадлежит одна из важных ролей в создании прочной кормовой базы для животноводства и повышении почвенного плодородия на пахотных землях.

В настоящее время и в перспективе ставится задача расширения посевов клевера в чистом виде взамен злаковых травостоев. Совершенствование режима использования трав в таком направлении даст возможность повысить их

продуктивность, улучшить качество корма, высвободить значительную часть азотных удобрений, которые могут быть направлены на сенокосы и пастбища, или под другие сельскохозяйственные культуры. Расчеты показывают, что за счет совершенствования структуры многолетних трав на пашне можно дополнительно получить в республике без затрат азотных удобрений более 2 млн кормовых единиц. Кроме того, за счет замены злаковых трав бобовыми в почву дополнительно поступит 20-30 тыс. т биологического азота. Это позволит сэкономить еще примерно такое же количество минерального азота, ранее вносимого под злаковые травы, и направить его под другие культуры или луговые угодья. Увеличение удельного веса бобовых в структуре трав будет способствовать не только повышению продуктивности травяного поля и воспроизводству почвенного плодородия, но и увеличению валовых сборов зерна за счет улучшения состава предшественников. По обобщенным данным научных учреждений зерновые колосовые, размещаемые по злаковым травам, формируют урожай на 20-25 % ниже, чем по клеверу [1-6].

В связи с вышеизложенным определенным интерес представляет изучение режима возделывания клевера одногодичного использования в севооборотах применительно к условиям специализации. При этом важно определить оптимальную его концентрацию в севообороте и период возврата (количество лет) на прежнее поле, а также влияние этих факторов на восполнение содержания органического вещества и основных элементов минерального питания в почве.

Методика проведения исследований. Для решения поставленной задачи в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2011-2020 гг. проводились исследования в стационарном опыте, где изучались различные системы специализированных кормовых севооборотов, в разной степени насыщенных многолетними травами, зерновыми и пропашными культурами. Чередование культур в севооборотах следующее: *севооборот 1* – 1. озимая рожь + клевер; 2. клевер; 3. озимая рожь + пожнивные; 4. овес; 5. ячмень + клевер; 6. клевер; 7. озимая рожь; 8. ячмень (концентрация клевера 12,5 %); *севооборот 2* – 1. озимая рожь зеленый корм + горох-овес; 2. озимая рожь + клевер; 3. клевер; 4. ячмень; 5. озимая рожь + пожнивные; 6. картофель; 7. ячмень + пожнивные; 8. овес (клевер 12,5 %); *севооборот 3* – 1. ячмень + клевер; 2. клевер; 3. картофель (клевер 33 %); *севооборот 4* – 1. озимая рожь + клевер; 2. клевер (клевер 50 %). Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая. Пахотный слой почвы характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,56 %, общего азота – 0,108 %, степень насыщенности основаниями – 79,6 %, pH_{KCl} – 6,2, содержание подвижных форм P_2O_5 – 240 мг/кг, K_2O – 232 мг на 1 кг почвы. В изучаемых севооборотах применяли подстилочный солоmistый навоз в дозе 11,2 т на 1 га пашни, который вносили под озимые зерновые и картофель. Минеральные удобрения применяли в следующих дозах: под зерновые колосовые культуры – $\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, под клевер – $\text{P}_{90}\text{K}_{150}$, картофель – $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$, пожнивную редьку масличную – N_{60} .

Результаты исследований и их обсуждение. При установлении влияния сельскохозяйственных культур на плодородие почвы важно знать общую био-

массу и массу корневых и пожнивных остатков, поступающих в почву, запасы аккумулированных в биомассе элементов питания и долю возврата их в почву при возделывании основных полевых культур. Результаты учета биомассы растений клевера лугового в зависимости от концентрации его посевов в севообороте и периода возврата на прежнее место показали значительные различия между вариантами как по количеству биомассы, так и по количеству корневых и пожнивных остатков (таблица 1). По мере насыщения севооборота клевером от 12,5-25 до 33,3-50 % и сокращении периода возврата на прежнее место в севообороте с 3-7 до 1-2 года происходило снижение как общей биомассы на 27-40 %, так и количества оставляемых растительных остатков на 20-42 % соответственно.

Таблица 1 – Биомасса клевера и растительных остатков в ц сухого вещества с 1 га в зависимости от концентрации его посевов в севообороте

Удельный вес клевера в севообороте, %	Период возврата на прежнее место, лет	Отчуждаемый урожай				Растительные остатки							
		основная продукция			%	пожнивные			корни			среднее	%
		2019 г.	2020 г.	среднее		2019 г.	2020 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	среднее		
12,5	7	127	165	146	100	23,2	23,8	23,5	41,2	42,0	41,6	65,1	100
25,0	3	129	159	144	99	23,5	23,9	23,7	42,3	41,4	41,9	65,6	101
33,0	2	103	108	106	73	16,2	17,1	16,7	34,2	36,1	35,2	51,9	80
50,0	1	81	93,2	87,1	60	12,7	13,4	13,1	25,3	24,5	24,9	38,0	58

Влияние корневых и пожнивных остатков на плодородие почвы определяется не только их количеством, но и химическим составом и содержанием в них питательных элементов. С пожнивными и корневыми остатками в почву возвращается меньшая часть усвоенных растениями питательных элементов. Тем не менее, и эти количества, как показывают приведенные данные (таблица 2), могут иметь существенное значение в питании растений.

Наибольшее количество основных элементов питания в послеуборочных остатках содержалось при удельном весе клевера в севообороте 12,5-25 %. В пожнивных остатках содержание азота колебалось в пределах 1,82-1,85 %, фосфора 0,73-0,74 % и калия 2,32-2,33 %, в корневых остатках 2,01-2,02 %, 0,80-0,82 %, 1,27-1,29 % соответственно. По мере насыщения севооборота клевером от 12,5-25 до 33,3-50 % содержание азота в растительных остатках снижалось на 34-59 %, фосфора на 30-49 % и калия на 43-60 %.

В наших исследованиях также изучался хозяйственный и почвенный баланс азота, фосфора и калия в севооборотах с разной структурой посевов. При изучении баланса азота ставилась задача установить возможность накопления его в почве в зависимости от насыщения севооборотов зерновыми и многолетними травами в виде клевера одногодичного использования.

Таблица 2 – Содержание основных элементов питания в растительных остатках клевера лугового в зависимости от концентрации его посевов в севообороте

Удельный вес клевера в севообороте, %	Период возврата на прежнее место, лет	Элементы питания, %						Количество элементов в растительных остатках, кг/га					
		в пожнивных остатках			в корнях			N	%	P ₂ O ₅	%	K ₂ O	%
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O						
12,5	7	1,85	0,73	2,33	2,03	0,83	1,30	128	100	51,7	100	109	100
25,0	3	1,82	0,74	2,32	2,03	0,81	1,30	128	100	51,4	99	110	100
33,0	2	1,50	0,66	1,94	1,69	0,73	0,86	84,6	66	36,7	70	62,7	57
50,0	1	1,30	0,69	1,80	1,45	0,70	0,82	53,1	41	26,4	51	44,0	40

Проведенные исследования показали, что хозяйственный баланс азота, фосфора и калия в различных видах севооборотов с многолетними травами в значительной степени зависели от вида севооборота и режима возделывания в нем клевера одногодичного использования (таблица 3). Он был обусловлен разным уровнем продуктивности изучаемых культур, а также различным их химическим составом, оказывающим непосредственное влияние на вынос элементов питания. С наибольшим положительным значением хозяйственный баланс азота отмечался в зернотравяном севообороте, где клевер составлял 50 % и возвращался на прежнее место через 1 год (+53,1 кг/га). С уменьшением степени насыщения севооборота клевером до 33 % и увеличением возврата до 2 лет отмечено уменьшение положительных величин баланса до +20,5 кг/га. При концентрации клевера в севообороте 12-25 % и возврате через 3-7 года складывающийся баланс азота можно охарактеризовать как слабо отрицательный (–1,7-4,3 кг/га).

Таблица 3 – Хозяйственный баланс азота, фосфора и калия в севооборотах с различной концентрацией клевера

Удельный вес клевера в севообороте, %	Период возврата на прежнее место, лет	Баланс, +/- кг/га		
		N	P	K
12,5	7	-4,3	+35,3	-0,3
25,0	3	-1,7	+41,9	+3,7
33,0	2	+20,5	+53,2	+11,9
50,0	1	+53,1	+81,2	+18,1

Данные, представленные в таблице 3, показывают, что при применяемой системе удобрений баланс фосфора и калия во всех изучаемых севооборотах с клевером был положительным. При этом хозяйственный баланс их с наибольшим положительным значением складывался в севооборотах с более низкой продуктивностью многолетних трав вследствие высокой их концентрации. Так, например, хозяйственный баланс фосфора и калия с наибольшим положительным значением складывался в двухпольном зернотравяном севообороте при

50 % клевера и его возвратом на прежнее место через 1 год. В данном севообороте поступление фосфора с удобрениями превысило вынос его с урожаями на 81,2 кг/га. В севооборотах с 25-33 % клевера баланс был менее положительным и составлял от +41,9 до +53,2 кг/га.

Хозяйственный баланс по калию имел такую же закономерность. С наибольшим положительным значением он складывался в двухпольном зерно-травяном севообороте (50 % клевера и возврат через 1 год). В этом севообороте поступление калия с удобрениями превысило вынос его с урожаем на 18,1 кг/га. При увеличении доли зерновых культур и уменьшении клевера хозяйственный баланс калия в севообороте уменьшался. Так, в севообороте, где зерновых 67 %, клевера 33 % при возврате через 2 года баланс калия находился на уровне +11,9 кг/га. При уменьшении клевера до 25 % и при его возврате через 3 года баланс калия можно охарактеризовать как уравновешенный – 0,3+3,7 кг/га.

Фактический баланс фосфора в почве при применяемой системе удобрений в севооборотах с клевером сложился положительно. Различия возможного и фактического накопления фосфора в почве в значительной степени зависели от насыщения им севооборота и периода возврата на прежнее место. Более существенные отклонения фактических изменений содержания фосфора от расчетных по хозяйственному балансу в сторону уменьшения отмечены в севооборотах с клевером при возврате через 1-2 года и менее значительные в севооборотах с возвратом через 3-7 лет. Следовательно, в севооборотах, где возврат клевера на прежнее место составлял 1-2 года, больше закреплялось фосфора в неподвижные формы, чем в севооборотах, где его возврат составлял 3 и 7 лет (таблица 4).

Таблица 4 – Хозяйственный и почвенный баланс фосфора и калия в севооборотах с разной концентрацией клевера лугового

Удельный вес клевера в севообороте, %	Период возврата на прежнее место, лет	Вынос фосфора с урожаем за 1 год, кг/га	Внесено с удобрениями, за 1 год, кг/га	Баланс + – по разности внесено – вынос, кг/га	Содержание в почве (0-20 см), мг/кг		Возможные изменения в содержании в почве за 8 лет, рассчитанные по балансу, мг/кг	Фактические изменения по агрохимическим анализам, мг/кг почвы
					исходное	фактическое через 8 лет		
Фосфор								
12,5	7	54,6	89,9	+35,3	217	227	+118	+10
25	3	62,5	104,4	+41,9	253	274	+139	+21
33	2	55,6	108,8	+53,2	219	230	+176	+11
50	1	50,0	131,2	+81,2	214	231	+269	+7
Калий								
12,5	7	174,9	174,6	-0,3	254	266	-1	+12
25	3	185,8	189,5	+3,7	237	260	+12,3	+23
33	2	190,1	202,0	+11,9	213	219	+39,5	+6
50	1	191,2	209,3	+18,1	251	253	+60,1	+2

По содержанию калия не отмечено такой выраженной связи между расчетным балансом и фактическими изменениями его содержания в почве. Фактические изменения содержания калия в почве в севооборотах при возврате клевера через 3 и 7 лет были выше расчетных по хозяйственному балансу. При этом увеличение содержания K_2O в почве в севооборотах при таком режиме возделывания клевера имело место не только при слабоположительном, но и слабо отрицательном хозяйственном балансе. Клевер при оптимальном режиме способствовал увеличению в почве доступных форм калия, пополнению обменных форм калия за счет необменных. При возврате клевера на прежнее место в севооборотах через 1-2 года, где его травостой не был оптимальным с агрономической точки зрения, калия в почве образовалось меньше, чем предполагалось по хозяйственному балансу.

Из вышеизложенного следует, что возделывание в севообороте клевера в чистом виде способствует увеличению содержания в почве доступных форм калия за счет менее доступных. Очевидно, это происходит за счет взаимодействия корневых выделений растений с твердой фазой почвы. Можно предполагать, что клевер, имея более мощную корневую систему, больше накапливает и корневых выделений, способствующих пополнению доступного калия за счет малодоступных форм. Увеличение K_2O в почве, возможно, происходило также за счет большего перемещения калия в поверхностный горизонт из нижних слоев почвы мощной корневой системой клевера. И в первом и во втором случае возделывание этой культуры в севообороте способствует улучшению режима калийного питания растений. Клевер, таким образом, является не только большим потребителем калия, но и культурой, способствующей мобилизации доступных его форм.

Выводы

1. Результаты учета биомассы растений клевера лугового в зависимости от концентрации его посевов в севообороте показали значительные различия между вариантами как по количеству биомассы, так и по количеству корневых и пожнивных остатков. С увеличением насыщения севооборота клевером от 12,5-25 до 33,3-50 % и сокращением периода возврата с 3-7 до 1-2 года происходило снижение как общей биомассы растений на 27-40 %, так и количества оставляемых растительных остатков на 22-42 % соответственно.

2. Наибольшее количество основных элементов питания в послеуборочных остатках содержалось при удельном весе клевера в севообороте 12,5-25 %. В пожнивных остатках содержание азота колебалось в пределах 1,82-1,85 %, фосфора 0,73-0,74 % и калия 2,32-2,33 %, в корневых остатках 2,01-2,02 %, 0,80-0,82 %, 1,27-1,29 % соответственно. По мере насыщения севооборота клевером от 12,5-25 до 33,3-50 % содержание азота в растительных остатках снижалось на 34-59 %, фосфора на 30-49 % и калия на 43-60 %.

3. Фактический баланс фосфора в почве при применяемой системе удобрений в севооборотах с клевером сложился положительным. Различия возможного и фактического накопления подвижных фосфора существенно

зависели от степени насыщения севооборота клевером и периода его возврата на прежнее место. Более значительные отклонения фактических изменений содержания фосфора от расчетных по хозяйственному балансу в сторону уменьшения отмечены в севооборотах с клевером при возврате через 1-2 года и менее значительные в севооборотах с возвратом через 3-7 лет.

4. Фактические изменения содержания обменного калия в почве в севооборотах при возврате клевера через 3 и 7 лет были выше расчетных по хозяйственному балансу. Клевер при оптимальном режиме возделывания способствовал увеличению в почве доступных форм калия, пополнению обменных форм калия за счет необменных. При возврате клевера на прежнее место в севооборотах через 1-2 года калия в почве образовалось меньше, чем предполагалось по хозяйственному балансу.

5. Совершенствование системы использования многолетних трав на пашне с заменой злаковых травостоев бобовыми и бобово-злаковыми способствует не только повышению продуктивности травяного поля, но и воспроизводству плодородия почвы и прежде всего улучшению баланса органического вещества и основных элементов минерального питания.

Литература

1. Александрович, П.К. Агрономические основы полевых севооборотов в интенсивном земледелии БССР: автореф. дисс. д-ра с.-х. наук / П.К. Александрович. – Кишинев, 1982. – 32 с.
2. Кобалин, Е.Г. Выгоды правильного севооборота / Е.Г. Кобалин, Х.А. Пискунова, В.В. Петрушин // Земледелие. – 1985. – №1. – С. 57-58.
3. Горошко В.М. Производство зерна в юго-западной части БССР: автореф. дисс. канд. с.-х. наук / В.М. Горошко. – Жодино, 1976. – 33 с.
4. Иванова И.И. Влияние различных звеньев севооборота на урожайность озимой ржи, агрофизические свойства почвы и засоренность посевов / И.И. Иванова, М.Г. Василькова // Эффективность севооборотов и обработки почвы в системах земледелия на северо-западе Нечерноземной зоны РСФСР. – Ленинград, 1983. – С. 18-22.
5. Череведова В.А. Приемы интенсификации возделывания многолетних трав в центре Нечерноземной зоны РСФСР / В.А. Череведова [и др.] // Сравнительная эффективность возделывания многолетних трав. – Свердловск, 1988. – С. 59-83.
6. Межуев А.Г. Совместимость зерновых культур в севооборотах / А.Г. Межуев, А.А. Лапковский, М.А. Лапковская // Экспериментальной базе «Устье» – 50 лет. – Минск: Ураджай, 1990. – С. 60-64.

THE CULTIVATION MODE OF MEADOW CLOVER AS A RESERVE FOR REPLENISHMENT OF THE ORGANIC MATTER CONTENT AND BASIC COMPONENTS OF MINERAL NUTRITION IN SOIL

A.Ch. Skirukha, A.A. Usenya, L.N. Gribanov, S.I. Tupic

The article presents the results of the research conducted due to a long term stationary experiment on studying the cultivation mode of legume grasses on the basis of meadow clover in different types of specialized crop rotations. The effect of concentration, duration of use and period of clover return to the same place in crop rotation on the replenishment of the organic matter content and basic components of mineral nutrition in soil is established.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕСПОКРОВОГО И ПОДПОКРОВОГО ПОСЕВА И ПРИЕМОВ ЗАЩИТЫ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ ОТ СОРНЯКОВ

Н.Ф. Надточаев, А.Н. Романович, кандидаты с.-х. наук,

М.А. Мелешкевич, Д.А. Мочалов

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 31.03.2021)

Рецензент: Боровик А.А., кандидат с.-х. наук

Аннотация. На связносупесчаной почве в 2019-2020 гг. изучалась продуктивность люцерны посевной при различных способах посева и защиты от сорной растительности. Установлено, что посев люцерны после уборки озимой ржи на зеленую массу с последующим дискованием, боронованием и прикатыванием позволяет обходиться без гербицидов и в сумме за 2 года получить 215,5 ц/га сухого вещества, в то время как при весеннем посеве люцерны по ябл и внесении гербицида Родимич, ВР, 1 л/га или баковой смеси (Родимич, ВР, 0,75 л/га + Базагран, ВР 1,5 л/га) урожайность составила 149,1-150,6 ц/га, а без гербицидной защиты еще меньше – 130,0 ц/га. Даже подсев люцерны в озимую рожь, убираемую в последующем на зеленую массу, а также прямой посев после уборки ржи на зеленую массу без применения гербицидов показали более высокий суммарный сбор сухого вещества, составивший 172,8-192,8 ц/га.

Люцерна является ценной кормовой культурой. Она была введена в культуру более 8 тыс. лет назад и в мировом травосеянии к 2012 г. занимала 35 млн га. Наибольшие площади посевов люцерны сосредоточены в США, Аргентине, СНГ, Индии и странах Западной Европы [1]. Эта культура характеризуется высокой урожайностью. По наличию сырого протеина люцерна превосходит остальные многолетние бобовые травы, сбор которого может достигать 1,8-2,5 т/га [2]. Люцерна, как и другие многолетние бобовые травы, в первый год жизни растет медленно, поэтому существует проблема формирования высокой продуктивности при ее подсеве под покров. Широко используемый посев трав под покров яровых или озимых зерновых и однолетних культур сопряжен с риском затенения светолюбивых бобовых или негативного влияния гербицидов [3, 4]. При использовании в качестве покровной культуры озимой ржи травы подсевают весной, когда почва достаточно прогреется, сеялками с дисковыми сошниками, оборудованными ограничителями глубины. Беспокровные посевы люцерны возможны только на участках, свободных от сорняков, либо при применении гербицидов [5].

Условия и методика проведения исследований. Полевой опыт закладывался на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на связных пылеватых супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,4-0,9 м. Агрохимическая характеристика опытного участка: рН – 6,07, гумус – 2,24 %,

P_2O_5 – 180 мг/кг, K_2O – 257 мг/кг почвы. Предшествующая культура – озимый рапс, после уборки которого проведено дискование, внесены минеральные удобрения ($P_{60}K_{120}$) и заделаны плугом. Озимая рожь сорта *Белая Вежа* (210 кг/га) посеяна 17.09.2018 г. Весной (5 апреля) провели подкормку ржи в дозе N_{45} . Озимую рожь убирали до фазы колошения (13 мая). Изучали 4 способа посева. В блоке А после уборки озимой ржи проводили дискование, боронование с прикатыванием и посев люцерны сеялкой, оборудованной дисковыми сошниками. В блоке Б после уборки озимой ржи проводили прямой посев люцерны этой же сеялкой. В блоке В люцерна подсевалась в озимую рожь, в блоке Г весенний посев люцерны этой же сеялкой проводился после двух культиваций зяби и предпосевого прикатывания. Сроки сева люцерны сорта *Будучина* (12 кг/га): в блоке В – 08.04; в блоке Г – 25.04; в блоках А, Б – 13.05. После сева проводили прикатывание (за исключением блока В). В фазу 1-2 тройчатых листьев люцерны были внесены гербициды по следующей схеме: 1. Родимич, 1 л/га; 2. Родимич 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га; 3. Родимич 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га + Экосил, 0,1 л/га; 4. Родимич 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га + Наноплант – Co, Mn, Cu, Fe, Mo, Zn, Cr, Se, 0,1 л/га; 5. Без гербицидов. В блоках В и Г они вносились 24 мая, блоках А и Б – 29 мая.

Осенью после уборки последнего укоса внесены минеральные удобрения – P_{45} в виде аммонизированного суперфосфата и K_{120} в виде хлористого калия.

Результаты исследований и их обсуждение. Посев люцерны по зяби сопряжен с высокой численностью сорных растений, всходы которых провоцирует проводимая обработка почвы, улучшающая пищевой режим (рисунок 1).

Так, в блоке Г перед внесением гербицидов в среднем насчитывалось 139,7 шт. сорняков на 1 м², в то время как в посеве люцерны после уборки озимой ржи их насчитывалось от 13,6 шт./м² в блоке А (по минимальной обработке почвы) до 42,9-53,5 шт./м² в блоках Б и В (по нулевой обработке). Сорные рас-

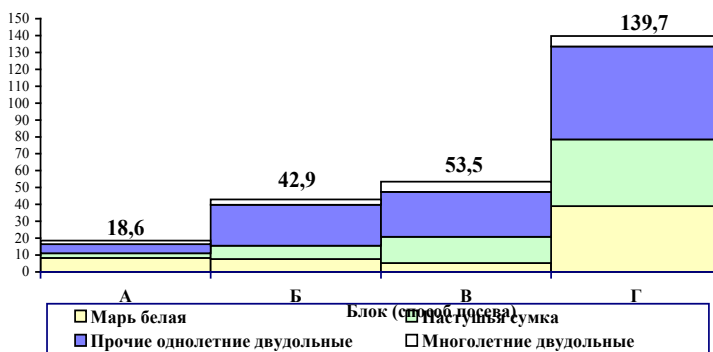


Рисунок 1 – Исходная засоренность люцерны перед внесением гербицидов при различных способах посева, шт./м²

тения были представлены в основном однолетними двудольными (всего 17 видов), среди которых наибольший удельный вес занимали марь белая и пастушья сумка.

Через месяц после внесения гербицидов общая картина в целом не менялась: весенний посев по зяби по-прежнему оставался наиболее засоренным, а наименее – посев люцерны по минимальной обработке после озимой ржи (таблица 1).

Таблица 1 – Засоренность посева люцерны через месяц после внесения гербицидов, шт./м²

Способ посева	Вариант	Всего сорняков	В т.ч.		Из них	
			однолетние двудольные	однолетние злаковые	марь белая	пастушья сумка
А. Оз. рожь (уборка до колошения) + дискование + посев люцерны	1	27	22,5	3	15,5	0,5
	2	7,5	5	2,5	2,5	0,5
	3	11,5	5,5	5,5	2	0
	4	13,5	3	10,5	1,5	0
	5	77,5	72	4,5	25	24
	Средн.	27,4	21,6	5,2	9,3	5
Б. Оз. рожь (уборка до колошения) + прямой посев люцерны	1	45,5	39	5	12	9
	2	38	32	4	4,5	1
	3	28	20	7	5	0,5
	4	36,5	27,5	7	4,5	4
	5	72	60	10	13,5	13
	Средн.	44	35,7	6,6	7,9	5,5
В. Подсев люцерны под озимую рожь	1	55,5	40,5	12,5	14,5	9
	2	51,5	44	7	12	8,5
	3	35,5	27	3	9	3
	4	55	46,5	8,5	8	9
	5	66	59	5,5	17	11
	Средн.	52,7	43,4	7,3	12,1	8,1
Г. Весенний посев люцерны без покрова	1	43	41	1,5	22,5	7,5
	2	41	37,5	3,5	11	11,5
	3	44,5	39	2,5	17	12
	4	55,5	51	4,5	20	14,5
	5	135,5	127,5	5,5	38,5	50
	Средн.	63,9	59,2	3,5	21,8	19,1

Варианты: 1. Родимич, 1 л/га; 2. Родимич 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га; 3. Родимич 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га + Экосил, 0,1 л/га; 4. Родимич 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га + Наноплант, 0,1 л/га; 5. Контроль – без гербицидов. **То же в таблице 2, рисунке 2.**

Биологическая эффективность гербицидов также сильно различалась. Родимич в дозе 1 л/га обеспечил наибольшую гибель сорняков (81 %) в блоке Б прямого посева люцерны, а наименьшую (16 %) – в блоке В подсева в рожь. Бакловая смесь (Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га) наиболее эффективной оказалась в блоке А с посевом люцерны по минимальной обработке после ржи, где гибель сорняков равнялась 85-90 %. Наименьший показатель по-прежнему оставался в блоке В с 17-46 %-ной гибелью сорных растений относительно контрольного варианта без применения гербицидов. Не установлено положительного действия на гибель сорняков при добавлении к гербицидам регуляторов

роста растений Наноплант и Экосил. Поскольку марь белая является основным засорителем посевов большинства культур, в том числе люцерны, то можно отметить, что Родимич не достаточно эффективен против этого вида сорного растения, а поэтому баковая смесь в случае многочисленных всходов может оказаться более предпочтительной.

Учет урожая озимой ржи показал, что подсев в нее люцерны привел к недобору 47,6 ц/га или 17,8% зеленой массы (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность зеленой массы озимой ржи и люцерны посевной при различных способах посева и вариантах защиты от сорняков

Способ посева (фактор А)	Вариант (фактор В)	1-й г. ж.				2-й г. ж.	
		Урожайность, ц/га			Доля сорняков в урожае люцерны, %	Урожайность люцерны, ц/га	Доля сорняков в урожае, %
		озимой ржи	люцерны	сумма			
А. Оз. рожь (уборка до колошения) + дискование + посев люцерны	1	267,4	245,1	512,5	7,3	472,6	1,4
	2	267,4	243,6	511,0	3,1	450,5	1,3
	3	267,4	237,1	504,5	3,5	429,3	1,3
	4	267,4	257,2	524,6	3,8	433,2	1,2
	5	267,4	253,7	521,1	11,2	521,0	1,1
	Средн.	267,4	247,3	514,7	5,8	461,3	1,3
Б. Оз. рожь (уборка до колошения) + прямой посев люцерны	1	267,4	183,4	450,8	8,4	461,9	4,4
	2	267,4	163,2	430,6	8,7	415,2	4,3
	3	267,4	164,7	432,1	9,5	421	4,3
	4	267,4	172,2	439,6	9,4	433,6	4,2
	5	267,4	200,5	467,9	12,7	503,7	5,2
	Средн.	267,4	176,8	444,2	9,7	447,1	4,5
В. Подсев люцерны под озимую рожь	1	219,8	181,9	401,7	4,9	486,5	5,2
	2	219,8	176,3	396,1	8,1	456,3	5,1
	3	219,8	164,8	384,6	7,8	427,1	4,8
	4	219,8	157,9	377,7	7,5	428	5,0
	5	219,8	175,4	395,2	12,8	478,2	4,4
	Средн.	219,8	171,3	391,1	8,2	455,2	4,9
Г. Весенний посев люцерны без покров	1	-	273,9	273,9	24,5	531,3	0,8
	2	-	269,1	269,1	15,7	513,2	0,9
	3	-	262,0	262,0	18,9	491,7	0,9
	4	-	257,8	257,8	17,4	488,8	0,9
	5	-	217,3	217,3	39,9	526,9	0,6
	Средн.	-	256,0	256,0	23,3	510,4	0,8

НСП₀₅

AB=43,9; A=19,6; B=22,0

AB=51,5; A=23,0;
B=25,8

Весенний беспокровный посев люцерны посевной в первый год жизни в сумме за 3 укоса обеспечил средний сбор зеленой массы 256 ц/га, в котором 23,3 % приходилось на сорные растения. Подсев люцерны под озимую рожь в сумме за 2 укоса позволил собрать 171,3 ц/га зеленой массы, в которой доля

сорняков составляла 8,2 %. Близкие результаты получены и по прямому посеву люцерны сеялкой, оборудованной дисковыми сошниками, после уборки озимой ржи (176,8 ц/га в сумме за 2 укоса, из них 9,7 % составляли сорные растения). Самым лучшим способом явился посев люцерны после уборки озимой ржи, вслед за которой проведено дискование, боронование с прикатыванием и затем посев бобовой культуры. В сумме за 3 укоса сбор зеленой массы составил 247,3 ц/га, в которой доля сорняков была равна лишь 5,8 %. Если для весеннего посева люцерны защита от сорняков являлась необходимым элементом технологии, то для подсевного и поукосного посева этот прием необязателен. Причем, одного Родимича (вариант 1) для эффективной борьбы с сорняками недостаточно. Смесь его с Базаграном (вариант 2) обеспечивала лучший результат. В то же время добавление в баковую смесь гербицидов регуляторов роста Экосил (вариант 4) и Наноплант (вариант 5) прибавки урожая не показало.

Посев люцерны после уборки озимой ржи на зеленую массу с последующим дискованием, боронованием и прикатыванием позволяет обходиться без гербицидов, получить более высокую продуктивность поля не только в первый год, но и последующий. Суммарный за 4 укоса сбор зеленой массы люцерны в этом случае составил 521 ц/га, равно как и при весеннем посеве люцерны по зяби без внесения гербицидов (526,9 ц/га). Подсев люцерны в озимую рожь, убираемую в последующем на зеленую массу, а также прямой посев люцерны сеялкой с дисковыми сошниками после уборки ржи на зеленую массу во второй год жизни в первом укосе формировали более изреженный стеблестой, что, в свою очередь, создавало благоприятную среду для роста сорняков. По этой причине получена меньшая урожайность зеленой массы (например, в варианте без гербицидов – 478,2-503,7 ц/га с долей сорных растений в урожае 4,4-5,2 %), тогда как в весеннем посеве и посеве после ржи с проведением минимальной обработки почвы доля сорняков составляла 0,6-1,1 %. Следует отметить, что варианты с максимальной гербицидной нагрузкой во второй год жизни люцерны показали самую низкую урожайность люцерны при всех способах посева. При этом Наноплант и Экосил не оказывали какого-либо действия и во второй год жизни. Безгербицидный вариант можно считать наиболее приемлемым при посеве люцерны после уборки озимой ржи на зеленую массу, в иных случаях достаточно внесения только имозамокса (Родимич, 1 л/га).

Посев люцерны после уборки озимой ржи на зеленую массу с последующим дискованием, боронованием и прикатыванием позволил получить в сумме за 2 года максимальный сбор сухого вещества – 156,9 ц/га, причем, без применения гербицидов (рисунок 2). Близкую к этому варианту урожайность показал посев люцерны по зяби с применением гербицида Родимич в чистом виде или в баковой смеси с Базаграном (149,1-150,6 ц/га). Но надо иметь в виду, что в сумме с озимой рожью в первом случае сбор сухого вещества составляет 215,5 ц/га, а это уже на 43-45 % больше, чем при выращивании люцерны по зяби при весеннем посеве. Если в этом варианте не применять гербициды, то суммарный сбор сухого вещества равен лишь 134 ц/га. Это минимальное значение в опыте. Следует также отметить, что при всех способах посева и защиты от сорняков

урожай люцерны с озимой рожью в сумме за 2 года оказался более высоким, чем получено в лучшем варианте основного посева люцерны по зяби. Даже варианты прямого посева люцерны после уборки ржи и подсева ее в рожь показали на 28 и 15 % соответственно более высокую продуктивность поля без применения гербицидов.

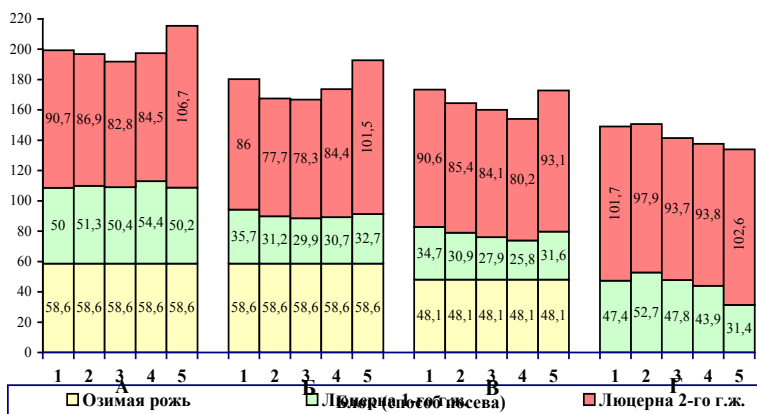


Рисунок 2 – Урожайность сухого вещества озимой ржи и люцерны посевной при различных способах посева и вариантах защиты от сорняков, ц/га

Заключение

Посев люцерны после уборки озимой ржи на зеленую массу с последующим дискованием, боронованием и прикатыванием позволяет обходиться без гербицидов и в сумме за 2 года получить 215,5 ц/га сухого вещества, в то время как при весеннем посеве люцерны по зяби и внесении гербицида Родимич, 1 л/га или баковой смеси (Родимич, 0,75 л/га + Базагран, 1,5 л/га) урожайность составила 149,1-150,6 ц/га, а без гербицидной защиты еще меньше – 130,0 ц/га. Даже подсев люцерны в озимую рожь, убираемую в последующем на зеленую массу, а также прямой посев после уборки ржи на зеленую массу без применения гербицидов показали более высокий суммарный сбор сухого вещества, составивший 172,8-192,8 ц/га.

Литература

1. Гедройц, В. Соперница королевы / В. Гедройц // Белорусская нива. – 2012. – №10 – С. 16.
2. Тиво, П.Ф. Качеству кормов – особое внимание / П.Ф. Тиво // Наше сельское хозяйство. – 2019. – №15. – С. 80-88.
3. Чекедь, Е.И. Люцерна: потенциал и путь к его реализации / Е.И. Чекедь, М.Н. Крицкий // Земледелие и защита растений. – 2017. – №1. – С. 24-27.
4. Чекедь, Е. Краеугольный камень травостоев / Е. Чекедь, М. Крицкий // Белорусское сельское хозяйство. – 2014. – №4. – С. 64-69.
5. Иванова, Е.П. Продуктивность люцерны в условиях Приморского края / Е.П. Иванова // Аграрная наука. – 2013. – №1. – С. 17-19.

**EFFICIENCY OF THE TECHNIQUES OF PROTECTION OF ALFALFA FROM WEEDS
AND METHODS OF ITS SOWING WITH AND WITHOUT A COVER CROP**
N.F. Nadtochaev, S.N. Romanovich, M.A. Meleshkevich, D.A. Mochalov

The productivity of alfalfa was studied on cohesive sandy soil in 2019-2020 with the application of different techniques of sowing and protection from weeds. It was established that sowing alfalfa after harvesting winter rye for green mass with further disking, harrowing and rolling allowed managing without herbicides and obtaining 215.5 dt/ha of dry matter for 2 years totally. At the same time when sowing alfalfa in spring after autumn plowing and applying the herbicide Rodimich, 1 l/ha or the tank mixture (Rodimich, 0.75 l/ha + Bazagran, 1.5 l/ha), the yield was 149.1-150.6 dt/ha, and without a herbicide protection it was even less - 130 dt/ha. Even planting alfalfa to winter rye to be harvested for green mass, as well as direct sowing after harvesting rye for green mass without the application of herbicides showed a higher total yield of dry matter, amounting to 172.8-192.8 dt/ha.

УДК 633.2/3:631.5

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ЧИСТОМ ВИДЕ И В ТРАВОСМЕСЯХ**

Клыга Е.Р., кандидат с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 01.04.2021)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье проанализированы результаты исследований по сравнительной продуктивности при возделывании многолетних трав в чистом виде и в травосмесях за период 2016-2020 гг. Установлено, что наибольшую суммарную урожайность формировала люцерна в чистом виде (386,2 ц/га на фоне N_0 , 409,9 ц/га на фоне N_{90}) и бинарные травосмеси с ее участием (337,2 ц/га на фоне N_0 , 421,6 ц/га на фоне N_{90}). Также бинарные травосмеси люцерны с фестулолиумом и кострцом обеспечили наибольший суммарный выход сырого протеина, составляющий 57,8-74,9 ц/га на фоне N_0 и 75,7-88,1 ц/га на фоне N_{90} . Проведена оценка равномерности распределения урожая по годам пользования с помощью Индекса равномерности и установлено, что самый высокий индекс равномерности имела люцерна в чистом виде (0,63-0,65) и травосмеси с ее участием (0,64-0,77), что указывает на более высокую засухоустойчивость культуры по отношению к клеверам.

В условиях ограниченного ресурсного обеспечения АПК особенно возрастает роль кормопроизводства в решении проблем обогащения почвы органическим веществом и биологическим азотом, улучшении фитосанитарного состояния посевов, физико-биохимических свойств почвы и сохранении ее от эрозии [2].

В полевом травосеянии Беларуси площадь многолетних трав согласно инвентаризации составляет 901,6 тыс. га. Многими исследованиями установлено, что рациональное сочетание бобовых и злаковых трав в травосмесях позволяет

обеспечить более равномерное поступление корма в течение вегетации и получать более высокое его качество. Создаваемые бобово-злаковые агрофитоценозы характеризуются высоким продуктивным долголетием и могут формировать более высокую урожайность без внесения азотных удобрений [1, 3]. При создании высокопродуктивных бобово-злаковых травосмесей следует учитывать состав и количество видов, режим их использования и обеспеченность минеральными удобрениями. Грамотное сочетание видов позволит создать прочную кормовую базу и повысить эффективность отрасли животноводства [5, 6].

Нами изучалась сравнительная продуктивность наиболее распространенных видов многолетних бобовых трав – люцерны, клевера лугового и клевера ползучего при возделывании их с высокопродуктивными видами злаковых культур фестулолиумом и кострцом безостым.

Методика проведения исследований. Научные исследования проводились в отделе многолетних трав в период 2016-2020 гг. в полевых условиях на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, подстилаемой на глубине 50-70 см песками, со следующей агрохимическими характеристиками: кислотность pH 5,9-6,0; содержание подвижного фосфора 199-232 мг/кг; подвижного калия 201-254 мг/кг почвы, гумуса – 2,01-2,15 %. Общая площадь делянки 60 м², учетная – 50 м², повторность 4-х кратная. Минеральные удобрения вносили в год посева (2016) под предпосевную культивацию и перед каждым уходом в зиму в дозе P₆₀K₉₀. Азотные удобрения применяли по следующей схеме: 1. N₀ – контроль, 2. N₃₀ – в начале вегетации и в период формирования каждого последующего укоса.

Изучалась сравнительная продуктивность следующих вариантов:

1. фестулолиум,
2. кострец безостый,
3. люцерна,
4. фестулолиум + клевер белый,
5. фестулолиум + клевер луговой,
6. фестулолиум + люцерна,
7. кострец + люцерна,
8. люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговая + тимopheевка.

Учет урожая проводили кормоуборочным комбайном Hege-212 в фазу бутонизации бобового компонента, злаковые травостои в чистом виде убирались в фазу флагового листа – начало колошения согласно «Методике опытов на сенокосах и пастбищах» [4]. В первый год жизни первое подкашивание травостоев проводили с целью снижения их засоренности, затем – учет урожая зеленой массы в конце сентября. В последующем (2017-2020 гг.) травостои формировали 3 укоса за вегетацию.

Вегетационный период 2017 г. проходил при прохладной погоде с недостаточными осадками в мае, засушливыми условиями в июне и повышенными температурами воздуха с регулярными осадками во второй половине вегетации.

Высокая интенсивность ростовых процессов многолетних трав весной 2018 г. обусловлена теплыми погодными условиями. Формирование травостоев

2 и 3 укосов проходило в условиях дефицита влаги, (влажность почвы составляла 6,9-6,5 %).

2019 г. характеризовался практически полным отсутствием осадков в апреле и их неравномерностью в мае. В последующем в период вегетации отмечалось недостаточное количество осадков (влажность почвы в корнеобитаемом слое составляла 20-32 %) на фоне высоких среднесуточных температур.

В 2020 г. формирование урожайности проходило в условиях недостатка влаги при возобновлении вегетации весной, обильном их количестве в июне и последующим дефицитом в июле-августе на фоне высоких среднесуточных температур воздуха.

Результаты и их обсуждение. Формирование урожайности зеленой массы. Уровень урожайности изучаемых травостоев зависел от погодных условий больше, чем от года пользования и носил различный характер формирования в зависимости от состава травостоя (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы по годам пользования, ц/га

Состав травосмеси	Доза азота, кг/га	Год возделывания					
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее
Фестулолиум	N ₀	50,8	222,4	244,8	130,4	168,6	191,6
	N ₉₀	90,0	304,4	322,6	173,4	226,8	256,8
Кострец	N ₀	60,0	200,4	251,8	125,4	181,8	189,9
	N ₉₀	79,4	268,4	341,0	180,8	241,4	257,9
Люцерна	N ₀	109,2	511,2	453,2	322,6	427,4	428,6
	N ₉₀	111,4	528,8	481,2	345,2	471,4	456,7
Фестулолиум + клевер белый	N ₀	56,2	426,0	378,0	158,4	201,8	291,1
	N ₉₀	76,6	494,8	447,0	183,4	257,6	345,7
Фестулолиум + клевер луговой	N ₀	104,2	331,0	259,6	139,6	186,2	229,1
	N ₉₀	111,2	455,8	377,2	193,4	227,6	313,5
Фестулолиум + люцерна	N ₀	94,2	503,0	463,4	357,8	426,4	337,7
	N ₉₀	97,8	515,0	520,4	390,2	457,2	470,7
Кострец + люцерна	N ₀	53,8	366,4	481,4	318,2	400,6	391,7
	N ₉₀	90,0	460,4	565,8	392,0	469,6	472,0
Люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луг. + тимopheевка	N ₀	76,6	366,4	331,6	281,2	321,6	325,2
	N ₉₀	106,2	457,6	530,6	338,8	385,4	428,1

НСР₀₅ Ф1/Ф2 – 20,9/10,5

Примечание: Фактор 1 (Ф1) – состав травосмеси, Фактор 2 (Ф2) – доза азота.

В среднем за изучаемый период (2017-2020 гг.) наименее продуктивными были травостои фестулолиума и костреца беззостого в чистом виде. На фоне без азотных удобрений травостоями фестулолиума сформировано 191,6 ц/га зеленой массы, травостоями костреца – 189,9 ц/га. Внесение 90 кг д.в. азота (N₃₀ под каждый укос) способствовало увеличению урожайности до 256,8 и 257,9 ц/га, что больше контроля на 34,0-35,8 %. Травостои люцерны в чистом виде за изучаемый период на безазотном фоне сформировали среднюю урожайность 428,6 ц/га зеленой массы. Внесение азотных удобрений под люцерну нецелесообразно.

но, т.к. на фоне N_{90} уровень урожайности повысился лишь на 6,6 % и составил 456,7 ц/га зеленой массы (или +28,1 ц/га к контрольному варианту).

Наиболее продуктивными по уровню урожайности зеленой массы были бинарные травостои фестулолиум + люцерна и кострец + люцерна, продуктивность которых даже на фоне без внесения азотных удобрений была выше, чем продуктивность злаковых травостоев в чистом виде на фоне N_{90} . Так, бинарная травосмесь фестулолиум + люцерна в контрольном варианте сформировала 437,7 ц/га, а бинарная травосмесь кострец + люцерна – 391,7 ц/га зеленой массы. Внесение дозы N_{90} обеспечило незначительное увеличение уровня урожайности на 33,0 ц/га или 7,5 % у травосмеси фестулолиум + люцерна и на 80,3 ц/га или 20,5 % у травосмеси кострец + люцерна. Более высокая отзывчивость на азот травосмеси с участием костреца объясняется более медленным развитием вида относительно фестулолиума на начальном этапе в 1-й год пользования травостоем. Уровень урожайности в 2017 г. на фоне N_0 составил 503,0 ц/га (фестулолиум + люцерна) и 366,4 ц/га зеленой массы (кострец + люцерна), на фоне N_{90} – 515,0 и 460,4 ц/га соответственно, то есть внесение азотных удобрений способствовало развитию растений костреца безостого и увеличению его доли в урожае зеленой массы.

Также высокий уровень урожайности отмечен у многокомпонентной травосмеси люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговая + тимopheевка, сформировавшей в среднем за 2017-2020 гг. 325,2 ц/га на фоне N_0 или на 31,6 % более высокую урожайность на фоне N_{90} – 428,1 ц/га. Следует отметить, что бобовый компонент в данной травосмеси в 2017 г. был представлен преимущественно клевером луговым, а в 2018-2020 гг. люцерной, характеризующейся более высоким продуктивным долголетием относительно клевера лугового.

Бинарные травосмеси фестулолиум + клевер луговой и фестулолиум + клевер ползучий в среднем за период проведения исследований сформировали самую низкую урожайность надземной биомассы, составляющую 229,1 и 291,1 ц/га на фоне N_0 ; 313,5 и 345,7 ц/га зеленой массы на фоне N_{90} соответственно. При этом в 1-й год жизни на фоне N_0 урожайность травостоев с клевером луговым была почти вдвое выше, чем у травостоев с клевером ползучим – 104,2 и 56,2 ц/га. Однако в дальнейшем прохладная погода и недостаточное количество осадков весной 2017 г. обусловило слабое развитие клевера лугового и более низкий уровень урожайности в травосмеси с его участием. Суммарная за 3 укоса урожайность зеленой массы травосмеси фестулолиум + клевер луговой составила 331,0 ц/га, а травосмеси фестулолиум + клевер белый – 426,0 ц/га на фоне N_0 , на фоне N_{90} – 455,8 и 494,8 ц/га соответственно. Начиная со 2-го года пользования травостоями (2018) доля клевера лугового в травостое снижалась, что обусловлено низким продуктивным долголетием культуры, и в 2019-2020 гг. составляла не более 15-20 %. Доля клевера ползучего к 2020 г. (4-й год пользования травостоем) составляла на уровне 50-55 %.

Наименее продуктивным по уровню урожайности зеленой массы за период 2017-2020 гг. был 3-й год пользования (2019). Всеми изучаемыми травостоями по причине неблагоприятных погодных условий в течение вегетации была

сформирована самая низкая продуктивность, составляющая 16,5-17,5 % от суммарной за весь период исследований в травостоях фестулолиума и костреца безостого в чистом виде (130,4-173,4 ц/га и 125,4-180,8 ц/га зеленой массы соответственно), 13,3-13,6 % в травостоях фестулолиума с клевером белым (158,4-183,4 ц/га), 15,2-15,4 % в травостоях фестулолиума с клевером луговым (139,6-193,4 ц/га). Травостои люцерны в чистом виде, а также травосмеси с ее участием характеризовались более стабильным и равномерным поступлением зеленого корма по годам исследований. В 2019 г. доля урожая от суммарного в чистых посевах люцерны составила 18,8-18,9 % (322,6-345,2 ц/га), в травосмесях с ее участием – 19,8-21,6 % (281,2-392,0 ц/га).

Уровень урожайности надземной биомассы изучаемых травостоев в 2020 г. (4-й год пользования) был выше относительно 3-го года пользования, что обусловлено более благоприятными по увлажнению и температурному режиму погодными условиями. В сумме за вегетацию травостоями фестулолиума было сформировано 168,6-226,8 ц/га зеленой массы, травостоями костреца безостого 181,8-241,4 ц/га, травостоями фестулолиума с клевером белым 201,8-257,6 ц/га, с клевером луговым 186,2-227,6 ц/га, люцерны в чистом виде 427,4-471,4 ц/га, травосмеси с ее участием сформировали 321,6-469,6 ц/га зеленой массы.

Оценка изучаемых травосмесей на адаптивность к условиям возделывания по Индексу равномерности кривой онтогенетического хода формирования урожайности зеленой массы, которая определялась уровнем обеспеченности факторов жизнедеятельности, свидетельствует об их достаточно высоком адаптационном потенциале. Наиболее зависимыми от погодных условий проявили себя травосмеси с участием клеверов, индекс равномерности травосмеси фестулолиум + клевер составил 0,37, травосмеси фестулолиум + клевер луговой 0,42. Более высокий уровень адаптивности показали злаковые травостои в чистом виде – 0,50-0,54, и самый высокий индекс равномерности имела люцерна в чистом виде (0,63-0,65) и травосмеси с ее участием (0,64-0,77), что свидетельствует о более высокой засухоустойчивости культуры по отношению к клеверам.

Урожайность сухого вещества имела аналогичный характер формирования (таблица 2). Наименее продуктивными были злаковые травостои в чистом виде. В среднем за 2017-2020 гг. исследований травостоями фестулолиума в чистом виде на фоне без внесения азотных удобрений было сформировано 40,8 ц/га сухого вещества, внесение N_{90} способствовало увеличению уровня урожайности на 31,1 % или до 53,5 ц/га. Травостои костреца безостого сформировали 42,7 и 53,4 ц/га соответственно, т.е. при внесении N_{90} урожайность сухого вещества увеличивалась на 25,1 %.

Следующими по величине урожайности были травосмеси с участием клеверов. На фоне N_0 вариантом фестулолиум + клевер белый сформировано 52,6 ц/га, вариантом фестулолиум + клевер луговой 47,3 ц/га сухого вещества. Внесение N_{90} позволило увеличить уровень урожайности на 20,7 и 31,9 %, что составляло 63,5 и 62,4 ц/га сухого вещества соответственно.

Наиболее продуктивными в среднем за исследуемый период были травостои люцерны и травосмеси с ее участием. На фоне N_0 люцерны в чистом виде

Таблица 2 – Урожайность сухого вещества, ц/га

Состав травосмеси	Доза азота, кг/га	Год возделывания							I (индекс равно-мерности)
		2016	2017	2018	2019	2020	сред-нее	Σ (2016-2020)	
Фестулолиум	N ₀	10,0	49,1	40,2	33,2	40,5	40,8	173,0	0,53
	N ₉₀	17,6	63,2	53,7	43,1	54,1	53,5	231,7	0,54
Кострец	N ₀	12,2	48,7	44,5	33,5	44	42,7	182,9	0,50
	N ₉₀	15,5	52,2	58,7	45,6	56,9	53,4	228,9	0,53
Люцерна	N ₀	20,7	100,8	89,6	76,3	98,8	91,4	386,2	0,63
	N ₉₀	21,6	106,6	93,9	81	106,8	97,1	409,9	0,65
Фестулолиум + клевер белый	N ₀	10,3	73,3	56,8	36,4	43,8	52,6	220,6	0,37
	N ₉₀	14,1	85,3	68,4	43,8	56,6	63,5	268,2	0,37
Фестулолиум + клевер луговой	N ₀	19,8	65,5	47,3	34,3	42,2	47,3	209,1	0,42
	N ₉₀	20,8	83,8	66,1	48,8	50,7	62,4	270,2	0,42
Фестулолиум + люцерна	N ₀	19,0	86,6	87,6	83,9	96,2	88,6	373,3	0,71
	N ₉₀	19,7	101,8	100,2	91	103,8	99,2	416,5	0,75
Кострец + люцерна	N ₀	10,9	73,6	80,5	79	93,2	81,6	337,2	0,66
	N ₉₀	18,9	87,7	112,3	94,5	108,2	100,7	421,6	0,69
Люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговая + тимopheевка	N ₀	15,2	70,2	72,1	71,8	73,9	72,0	303,2	0,77
	N ₉₀	21,0	87,5	108,8	85,2	89,3	92,7	391,8	0,64

НСР₀₅ Ф1/Ф2 – 4,1/2,0

Примечание: Фактор 1 (Ф1) – состав травосмеси, Фактор 2 (Ф2) – доза азота.

сформировала 91,4 ц/га сухого вещества. Внесение азота в дозе N₉₀ увеличило уровень урожайности лишь на 6,2 %, что составило 97,1 ц/га (+5,7 ц/га сухого вещества). Травосмесь фестулолиум + люцерна сформировала среднюю урожайность 88,6 и 99,2 ц/га соответственно, то есть внесение азотных удобрений позволило получить прибавку 12,0 % или 10,6 ц/га сухого вещества относительно фона N₀. Травосмесь кострец + люцерна сформировала 81,6 ц/га на фоне N₀ и 100,7 ц/га сухого вещества на фоне N₉₀. Многокомпонентная травосмесь люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговая + тимopheевка обеспечила урожайность 72,0 ц/га на фоне без внесения азотных удобрений, внесение N₉₀ позволило получить прибавку в 20,7 ц/га, что составило 92,7 ц/га сухого вещества в среднем за 2017-2020 гг.

Оценка суммарной за 2016-2020 гг. исследований урожайности сухого вещества свидетельствует, что бобово-злаковые травосмеси, прежде всего, с участием люцерны даже на фоне без внесения азотных удобрений более продуктивны, чем злаковые травостой в чистом виде при внесении дозы N₉₀. Так, на фоне N₀ суммарная урожайность сухого вещества травостоев фестулолиума составила 173,0 ц/га, травостоев костреца 182,9 ц/га. При внесении азота в дозе N₉₀ суммарная урожайность возросла до 231,7 и 228,9 ц/га сухого вещества соответственно.

Суммарная за исследуемый период урожайность травосмесей с клеверами составила 220,6 ц/га сухого вещества в варианте фестулолиум + клевер ползучий и 209,1 ц/га в варианте фестулолиум + клевер луговой на фоне N_0 , на фоне N_{90} уровень урожайности увеличивался до 268,2 и 270,2 ц/га соответственно.

Травостои люцерны в чистом виде в сумме за период 2016-2020 гг. обеспечили сбор сухого вещества 386,2 ц/га на фоне N_0 , а внесение азота в дозе N_{90} (т.е. 360 кг д.в. азота за весь период исследований) позволило увеличить суммарный уровень урожайности лишь на 46,0 ц/га, что составило 409,9 ц/га сухого вещества. Многокомпонентная травосмесь с участием люцерны сформировала суммарную урожайность 303,2 ц/га на фоне N_0 и 391,8 ц/га сухого вещества на фоне N_{90} . И наибольший выход сухого вещества обеспечили бинарные травостои фестулолиум + люцерна – 373,3 (N_0) ц/га и 416,5 (N_{90}) ц/га и кострец + люцерна – 337,2 (N_0) и 391,8 (N_{90}) ц/га соответственно.

Таким образом, самую низкую окупаемость вносимых азотных удобрений урожайностью сухого вещества показала люцерна в чистом виде – 6,3 кг, что свидетельствует о нецелесообразности внесения азотных удобрений под травостои люцерны в чистом виде. Травостои костреца безостого на каждый килограмм внесенного азота дополнительно формировали 11,9 кг сухого вещества, травостои фестулолиума – 14,1 кг. Наибольшей окупаемостью урожаем характеризовались травостои костреца с люцерной – 21,2 кг и люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговая + тимopheевка – 23,0 кг сухого вещества надземной биомассы на килограмм действующего вещества азота.

Валовой сбор сырого протеина определяет качество травяных кормов, а его содержание зависит от ботанического состава, фазы уборки и дозы вносимых азотных удобрений под изучаемые травостои. В наших исследованиях наименьший сбор сырого протеина, а также наименьшее его содержание формировали травостои злаковых трав в чистом виде при возделывании их без азотных удобрений (таблица 3). Средний за 2017-2020 гг. сбор сырого протеина с травостоев фестулолиума составил 6,2 ц/га (содержание – 15,2 г/кг сухого вещества), с травостоев костреца – 6,8 ц/га (содержание – 15,9 г/кг сухого вещества). Внесение N_{90} приводило к увеличению содержания сырого протеина в сухом веществе до 16,3 и 16,7% соответственно, к увеличению уровня урожайности и повышению валового сбора сырого протеина до 8,7 (фестулолиум) – 8,9 ц/га (кострец безостый).

Качество надземной биомассы травостоев с участием клеверов было более высоким. Среднее содержание сырого протеина на фоне N_0 в травостоях с клевером луговым составило 16,1 г/кг, с клевером ползучим – 17,5 г/кг сухого вещества, валовой сбор – 7,6 и 9,2 ц/га соответственно. Внесение азота в дозе N_{90} позволило повысить качество зеленого корма, увеличить уровень урожайности. Валовой сбор сырого протеина возростал до 10,2-11,9 ц/га.

Наиболее богатыми по содержанию сырого протеина и по его сбору были травостои люцерны в чистом виде и травосмеси с ее участием. Люцерна в чистом виде содержала сырого протеина 21,8 г/кг сухого вещества, валовой сбор на фоне N_0 составил 19,9 ц/га.

Таблица 3 – Сбор сырого протеина, ц/га

Состав травосмеси	Доза азота, кг д.в./га	Год возделывания						
		2016	2017	2018	2019	2020	Среднее (2017-2020)	Σ (2016-2020)
Фестулолиум	N ₀	1,4	6,4	6,9	5,0	6,6	6,2	26,3
	N ₉₀	2,7	9,9	9,2	6,7	9,1	8,7	37,6
Кострец	N ₀	1,7	6,6	7,9	5,3	7,3	6,8	28,8
	N ₉₀	2,3	9,2	9,6	7,4	9,5	8,9	38,0
Люцерна	N ₀	4,2	21,5	19,6	15,9	22,4	19,9	83,6
	N ₉₀	4,6	23,3	20,5	17,2	24,1	21,3	89,7
Фестулолиум + клевер белый	N ₀	1,9	11,3	10,1	6,4	8,9	9,2	38,6
	N ₉₀	2,6	15,4	12,4	7,9	11,7	11,9	50,0
Фестулолиум + клевер луговой	N ₀	3,5	8,9	9,0	5,0	7,4	7,6	33,8
	N ₉₀	3,7	12,8	11,2	7,5	9,3	10,2	44,5
Фестулолиум + люцерна	N ₀	3,6	16,4	17,5	16,4	21,0	17,8	74,9
	N ₉₀	3,8	19,6	20,3	18,5	22,7	20,3	84,9
Кострец + люцерна	N ₀	2,0	14,0	16,3	15,5	20,5	16,6	68,3
	N ₉₀	3,6	17,9	23,1	19,5	24,0	21,1	88,1
Люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговая + тимopheевка	N ₀	2,7	13,2	13,9	12,7	15,3	13,8	57,8
	N ₉₀	3,9	16,9	20,5	15,9	18,5	18,0	75,7

Внесение азота не влияло на качество получаемой массы, содержание сырого протеина на фоне N₉₀ составило 21,9 г/кг, а валовой сбор – 21,3 ц/га. Многокомпонентная смесь люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговая + тимopheевка обеспечила сбор 13,8 ц/га сырого протеина на фоне N₀, при внесении N₉₀ выход увеличился до 18,0 ц/га.

Бинарные травосмеси были более качественными и продуктивными. Содержание сырого протеина в травосмеси фестулолиум + люцерна на безазотном фоне составило 20,1 г/кг сухого вещества, на фоне N₉₀ – 20,5 г/кг сухого вещества, валовой сбор – 17,8-20,3 ц/га. Травосмесь кострец + люцерна сформировала 16,6 и 21,1 ц/га сырого протеина при его содержании 20,3 и 21,0 г/кг сухого вещества соответственно. Даже без внесения азотных удобрений травостой люцерны и травосмеси с ее участием являются более продуктивными и качественными, чем злаковые травостои в чистом виде при внесении под них N₉₀.

Заключение

1. Уровень урожайности изучаемых травостоев зависит от погодных условий, года пользования, дозы вносимых азотных удобрений и носит различный характер формирования в зависимости от состава травостоя.

2. В среднем за 4 года пользования (2017-2020 гг.) травостой фестулолиума в чистом виде без внесения азотных удобрений формировали невысокий уровень урожайности – 191,6 ц/га, травостой костреца безостого – 189,9 ц/га зеле-

ной массы. Внесение азотных удобрений в дозе N_{90} (30 кг д.в. азота под каждый укос) позволило увеличить уровень урожайности до 256,8 и 257,9 ц/га зеленой массы соответственно.

3. Возделывание фестулолиума в бинарных травосмесях с клеверами позволяет получить более высокую урожайность относительно злаковых травостоев даже без внесения азотных удобрений – 229,1 ц/га (фестулолиум + клевер луговой) – 291,1 ц/га зеленой массы (фестулолиум + клевер белый). При внесении N_{90} уровень урожайности увеличился до 313,5 и 345,7 ц/га соответственно.

2. Наиболее продуктивными по уровню урожайности зеленой массы в среднем за 2017-2020 гг. на фоне без внесения азотных удобрений были травостои люцерны в чистом виде, а также травосмеси с ее участием. Урожайность люцерны составила 428,6 ц/га, травостоев кострец + люцерна – 391,7 ц/га, фестулолиум + люцерна – 437,7 ц/га зеленой массы.

3. Внесение азотных удобрений под травостои люцерны в чистом виде нецелесообразно, так как прибавка урожайности зеленой массы на фоне N_{90} составила лишь 28,1 ц/га – 428,6 ц/га на фоне N_0 и 456,7 ц/га зеленой массы на фоне N_{90} .

4. В сумме за период исследований травостои злаковых трав в чистом виде были наименее продуктивными и сформировали 173,0-182,9 ц/га сухого вещества на фоне N_0 , внесение N_{90} позволило увеличить урожайность сухого вещества до 231,7-228,9 ц/га. Травостои с участием клеверов имели более высокую продуктивность – 209,1 (N_0) и 270,2 (N_{90}) ц/га сухого вещества при возделывании фестулолиума с клевером луговым и 220,6 (N_0) и 268,2 (N_{90}) с клевером ползучим. Наибольшую суммарную урожайность формировала люцерна (386,2 ц/га на фоне N_0 , 409,9 ц/га на фоне N_{90}) и бинарные травосмеси с ее участием (337,2 ц/га на фоне N_0 , 421,6 ц/га на фоне N_{90}).

5. Возделывание травостоев злаковых трав в чистом виде без внесения азотных удобрений позволяет получить в среднем за 4 года пользования травостоями лишь 6,2-6,8 ц/га сырого протеина или 26,3-28,8 ц/га его суммарное количество при содержании 15,2-15,9 г/кг сухого вещества. При внесении N_{90} содержание сырого протеина повысилось до 16,3-16,7 г/кг сухого вещества, средний сбор до 8,7-8,9 ц/га, суммарный выход до 37,6-38,0 ц/га.

6. Травостои люцерны в чистом виде формируют зеленый корм высокого качества с содержанием сырого протеина 21,8-21,9 г/кг сухого вещества. Внесение азотных удобрений незначительно влияло на средний сбор сырого протеина – 19,9 (N_0) и 21,3 (N_{90}) ц/га и также на его суммарный выход – 83,6 и 89,7 ц/га соответственно. Изучаемые травостои с участием люцерны формировали суммарный выход 57,8-74,9 ц/га сырого протеина на фоне N_0 и 75,7-88,1 ц/га на фоне N_{90} .

7. Оценка характера распределения урожая по годам пользования с помощью индекса равномерности свидетельствует о достаточно высоком адаптационном потенциале изучаемых травосмесей. Самый высокий индекс равномерности имела люцерна в чистом виде (0,63-0,65) и травосмеси с ее участием

(0,64-0,77), что указывает на более высокую засухоустойчивость культуры по отношению к клеверам.

Литература

1. Дьяченко В.В. Бобово-злаковые травосмеси для агроклиматических условий Брянской области / Дьяченко В.В., А.В. Зубарев, Т.Н. Каранкевич // Сборник научных трудов ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства : сб. науч. тр. – Ставрополь, 2011. – Вып. 7, том 2. – С. 60-64.
2. Клыга, Е.Р. Формирование высокопродуктивных бинарных агрофитоценозов на основе люцерны и фестулолиума / Е.Р. Клыга, П.П. Васько // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – Вып. 55. – С. 157-165.
3. Лазарев, Н.Н. Урожайность люцерны изменчивой (*Medicago varia*) в одновидовых посевах и травосмесях с бобовыми и злаковыми травами / Н.Н. Лазарев, А.М. Стародубцева, Д.В. Пятинский // Кормопроизводство. – 2013. – № 11. – С. 10-12.
4. Методика опытов на сенокосах и пастбищах / В.Г. Игловиков [и др.]. – ВИК, 1971. – 233 с.
5. Писковацкий, Ю.М. Люцерна для многовидовых агроценозов / Ю.М. Писковацкий // Кормопроизводство. – 2012. – № 11. – С. 25-26.
6. Привалова, К.Н. Сезонная динамика урожайности и продуктивности фестулолиумовых пастбищных травостоев / К.Н. Привалова, Р.Р. Каримов // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр. – Москва, 2017. – Вып. 13 (61). – С. 19-25.

COMPARATIVE PRODUCTIVITY OF PERENNIAL GRASSES CULTIVATED IN PURE FORMS AND IN GRASS MIXTURES

E.R. Klyga

The article analyzes the results of the research on comparative productivity of perennial grasses cultivated in pure forms and grass mixtures for 2016-2020. It's established that alfalfa in its pure form provided the highest total yield (386.2 dt/ha against the background N_0 , 409.9 dt/ha against the background N_{90}) as well as binary mixtures with alfalfa (337.2 dt/ha against the background N_0 , 421.6 dt/ha against the background N_{90}). Also binary grass mixtures of alfalfa with festulolium and broom provided the highest total output of crude protein amounting to 57.8-74.9 dt/ha against the background N_0 and 75.7-88.1 dt/ha against the background N_{90} . The assessment of the uniformity of yield distribution was carried out with the use of the uniformity index. It was established that alfalfa in its pure form had the highest uniformity index (0.63-0.65) and grass mixtures with alfalfa – 0.64-0.77, which witnessed a higher drought resistance of the crop in relation to clover.

**ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И БИОЛОГИЧЕСКИХ
ОСОБЕННОСТЕЙ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ
ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ЛИСТОВЫХ ПЯТНИСТОСТЕЙ ПРОСА ПОСЕВНОГО
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

П.О. Кошевой, мл. науч. сотрудник, **Ю.К. Шапко**, кандидат с.-х. наук,
М.В. Подорский, науч. сотрудник, **В.Н. Куделко**, кандидат с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 29.03.2021)

Рецензент: Бруй И.Г., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье изложены результаты маршрутных исследований по изучению распространенности возбудителей болезней на просе посевном в Республике Беларусь. Выявлено, что на просе распространены следующие листовые пятнистости: два вида возбудителя гельминтоспориоза – *Bipolaris panici-miliacei* Y. Nisik и *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, а также пирикулярриоз – *Pyricularia grisea* Cooke ex Sacc. Рассмотрены биологические особенности роста мицелия выделенных патогенов на различных искусственных питательных средах. Для получения высококачественного инокулюма чистую культуру возбудителя гельминтоспориоза *Bipolaris panici-miliacei* необходимо культивировать на картофельно-глюкозном агаре (КГА), а возбудителя пирикулярриоза *Pyricularia grisea* на просяном агаре.

Просо – культура высоких потенциальных возможностей [1], занимающая 11,690 тыс. га (2020 г.). Это полевая культура универсального использования. Его выращивают для производства пшени, зернофуража, а также зеленой массы с высокими кормовыми достоинствами. Просо имеет большое агротехническое значение: возможность позднего срока сева (от первой декады мая до середины июня – на зерно и до конца июля – на зеленую массу).

Как и все другие сельскохозяйственные культуры, просо чувствительно к воздействию различных стрессовых факторов. Одним из главных факторов, снижающих урожайность культуры, являются болезни. Однако целенаправленного изучения видового состава и распространенности болезней данной культуры в республике не проводилось, что обусловило необходимость и актуальность данной работы. Целью данной работы было выявление доминирующего комплекса фитопатогенов, распространенных на просе посевном, и выявление их биологических особенностей при культивировании на искусственных питательных средах для получения высококачественного инокулюма и использования на искусственных инфекционных фонах.

До настоящего времени в Беларуси были изучены и описаны два патогена на просе посевном – возбудители головни проса и меланоза.

Возбудитель головни проса – гриб *Sporisorium destruens* (Schldtl.) Vánky (синоним *Sphacelotheca panici-miliacea* (Pers.) Bub.). Проявляется заболевание в

период выметывания метелки. Все соцветие растения представляет собой скопление телиоспор в виде соруса. Сорус покрыт со всех сторон серебристо-серой пленкой. При созревании пленка разрывается, освобождая телиоспоры.

Вредоносность болезни проявляется как в прямых потерях урожая, так и в значительном ухудшении крупных и кормовых достоинств, так как, заражая растения, приступившие к формированию зерна, грибы не только снижают урожайность агроценоза на 40-50 %, но и заражают продукты урожая токсинами, опасными для теплокровных животных [2].

Меланоз (*Xanthomonas campestris* pv. *Herbicola*) значительно снижает урожайность, сортность зерна, качество и товарный вид крупы, что, в свою очередь, негативно сказывается на потребительской и пищевой ценности культуры. Это наиболее распространенное инфекционное заболевание проса, вторая по экономической значимости болезнь после пыльной головни. Единственной эффективной защитой от этой болезни является применение комплекса мероприятий, направленных на соблюдение севооборота и пространственной изоляции между полями проса и других культур, уничтожение сорняков, своевременная уборка урожая, тщательная очистка, просушка и протравливание семян, глубокая заделка пожнивных остатков в почву. Эти мероприятия ведут к дополнительным экономическим затратам, так что оптимальным решением данной проблемы, как и для всех полевых культур, будет ведение селекции проса на устойчивость к отдельным патогенам, обуславливающим заболевание [3].

Вредоносность болезней значительно возрастает в условиях изменяющегося климата в республике. За последние 25 лет появилась новая климатическая зона с суммой эффективных температур более 2600 °С, остальные зоны сдвинулись на север более чем на 200 км, а северная зона в 2015 г. почти исчезла, что существенно расширило возможность возделывания проса на зерно и семена, тем самым увеличивая перспективы данной культуры. Однако потепление климата приводит к увеличению встречаемости уже существующих возбудителей болезней и появлению новых, нехарактерных для Беларуси патогенов. По данным белорусских метеорологов, к 2035 г. биоклиматический потенциал территории Беларуси будет соответствовать юго-западной части Украины [4]. Если в настоящее время белорусские фитопатологи отмечают от 2 до 5 патогенов на просе, то украинские исследователи описывают не менее 12 [5].

По последним данным профессора И.В. Маркова, в Украине описано 10 болезней проса посевного [6].

1. Обычная (пыльная) головня проса проявляется в период выбрасывания метелки. Лучшая температура для прорастания телиоспор в почве составляет 25-30 °С. Возбудителем является грибок *Sporisorium destruens*. В результате заболевания отмечаются прямые недоборы урожая, потому что разрушаются метелки культуры и пораженные растения становятся недоразвитыми, суммарно потери могут составлять 20-30 % [7].

2. Мелкоспоровая головня проса. Возбудителем мелкоспоровой головни является базидиальный грибок *Sphacelotheca manchurica*.

3. Склероспороз. Возбудителем болезни является гриб *Sclerospora graminicola*. При благоприятных для развития патогенов условиях заболевание может полностью уничтожить урожай.

4. Септориоз. Болезнь проявляется в течение всей вегетации растений. Поражаются все надземные части культуры, особенно листья. Болезнь может развиваться в двух формах. Первая форма проявляется на пораженных органах растений в виде узких, сначала светло-серых, а затем буро-серых пятен с узким красным ободком, на которых группами формируются пикниды. У второй формы пятна белесые, вытянутые с узкой бурой каймой, на них пикниды формируются продольными рядами. Возбудителями болезни являются конидии гриба из рода *Septoria*: первой формы *S. panici-miliacei*; второй формы – *S. graminum*.

5. Меланоммоз. Возбудитель болезни – сумчатый гриб *Melanomma panici-miliacei*, который в цикле своего развития формирует плодовые тела – перитеции с сумками и сумкоспорами. Сохраняется гриб на семенах, остатках частей метелки в виде перитеции и грибницы. Вред болезни заключается в изреживании посевов в результате выпадения пораженных растений, снижении урожая и качества зерна.

6. Бурая пятнистость (гельминтоспориоз). В фазу всходов на первых листочках образуются сначала светло-зеленые, со временем бурые широкие пятна. Пораженная корневая шейка и корни буреют и гниют. Такие пораженные растения обычно выпадают, что вызывает изреженность посевов. На взрослых растениях, особенно в фазу выбрасывания метелки, болезнь проявляется на листьях в виде длинных эллипсообразных бурых пятен с каймой. Во влажную погоду пораженная ткань покрывается серовато-бурым налетом, инфицированные листья преждевременно увядают и отмирают. Возбудителем болезни является сумчатый гриб *Pyrenophora chaetomioides* Speng (Анаморфа: *Bipolaris panici-miliacei* Y. Nisik), который формирует конидиальное и сумчатое спороношение. Вред болезни проявляется в виде снижения ассимиляционной поверхности растений, что является причиной низкой их производительности. Недобор урожая зерна может достигать 15-20 % и более.

7. Бактериальная пятнистость. Болезнь вызывают бактерии *Pseudomonas syringae* pv. *holci*, которые поражают также сорго, могар, кукурузу и злаковые сорняки. На листьях появляются сначала желто-зеленые, а позже с кремовым оттенком маслянистые пятна, часто с коричневой каймой. Пятна сначала овальные, а затем становятся удлинёнными. Они проявляются как в середине, так и по краям листовой пластинки. Интенсивное развитие болезни наблюдается на нижних листьях. Вред болезни проявляется в снижении ассимиляционной поверхности растений в результате преждевременного отмирания пораженных листьев, что приводит к снижению производительности культуры. В отдельных колосках метелки зерно не образуется или формируется плоским, масса пораженных зерен почти вдвое меньше, чем здоровых. Недобор урожая зерна достигает 20 % и более.

8. Полосатый бактериоз. Болезнь проявляется в течение вегетации растений на листьях, стеблях и метелках. На листьях появляются широкие масляни-

стые, сначала ярко-желтые, позже светло-коричневые пятна без каймы, которые просвечиваются в виде полос. Они часто покрыты тонкими белыми или серебристыми чешуйками с высохшим экссудатом бактерий. На листьях и стеблях образуются бурые пятна, которые позже чернеют. Ткани в местах появления пятен размочаливаются, стебли надламываются, наблюдается отмирание пораженных стеблей еще в начале трубкования. Пораженная кисть поникает и приобретает вид созревшей, в ней обычно зерно не формируется (стерильная метелка).

9. Меланоз. Типичные признаки болезни проявляются на просе в фазе наливания и созревания зерна в метелке в виде беловато-серых, беловатых пятен, потемнения и некроза зерна. Пораженные семена теряют всхожесть. Болезнь вызывают бактерии *Xanthomonas campestris* pv. *herbicola*. В пораженных зерновках происходит интенсивный гидролиз белков и крахмала. Вследствие повышенной активности протеолитических и амилалитических ферментов наблюдается перегруппировка фракций липидов и происходит накопление меланоидиновых веществ и разрушение каротиноидов.

10. Мозаика. Возбудителем болезни является вирус русской мозаики пшеницы *Winter wheat russian mosaic virus* (WWRMV), который, кроме проса, поражает пшеницу, овес, рожь, ячмень, кукурузу и дикорастущие злаки. Болезнь проявляется в фазу кущения – молочной спелости зерна. На листьях параллельно центральной жилке по всей длине появляются мозаичные пятна в виде желтовато-белых штрихов и полос. Пораженные растения отстают в росте и при засухе могут погибнуть еще до образования метелки [4].

Материалы и методы исследования. Обследование фитопатологического состояния проса посевного проводилось с целью выявления наличия патогенов на посевах. Предварительно начинался сбор данных о хозяйствах республики, в которых выращивается эта культура, по результатам строилась карта маршрутного обследования. Маршрут планировали в зависимости от сроков сева, так как на юге Беларуси они будут значительно раньше, чем в северной части, следовательно, фаза роста и развития для мониторинга инфекции наступит быстрее.

В ходе маршрутного обследования проводился отбор инфекционного материала путем исследования поля по диагонали с последующим отбором снопов из 20 растений в 5 местах. В процессе разбора снопового материала отбирали листья, метелки, зерно с явными признаками поражения, которые помещали в бумажные пакеты с последующей маркировкой места отбора проб. В лаборатории инфекционный материал еще раз изучали, выбраковывали непригодные образцы, а оставшиеся закладывали на хранение в виде гербарного материала.

С целью получения среды для оптимального роста и спороношения *Pyricularia grisea* нами были изучены питательные среды со следующим составом: V-4 (состоит из 150 мл смеси соков четырех овощей: свеклы, сельдерея, моркови и томата в соотношении 4:3:2:1 соответственно, 850 мл воды, 1,5 г CaCO_3 , 15 грамм агара на 1 литр воды); КГА (отвар 200 г картофеля, 20 г глю-

козы, 15 г агара на 1 литр воды); просяной агар (отвар 125 г крупы проса, 15 г агара на 1 литр воды); дрожевой агар (10 г дрожевого экстракта, 15 г глюкозы, 15 г агара на 1 литр воды), среда Чапека (50 г порошка готовой среды Чапека, 15 г агара на 1 литр воды). Аналогичный набор сред, кроме дрожевого агара, изучался и для возбудителя *Bipolaris panici-miliacei*.

Среды автоклавились в автоклаве LabTech 5040S в стандартном режиме в течение 30 минут при 1,5 атм и температуре 121 °С.

Результаты исследований и обсуждение. В течение 2019 г. и 2020 г. проведено четыре маршрутных обследования (рисунок 1): на юго-запад – до Кобринского района, на юго-восток – до Рогачевского района, на северо-запад – до Островецкого района и на северо-восток – до Витебского района. Всего было обследовано 29 районов всех областей республики.

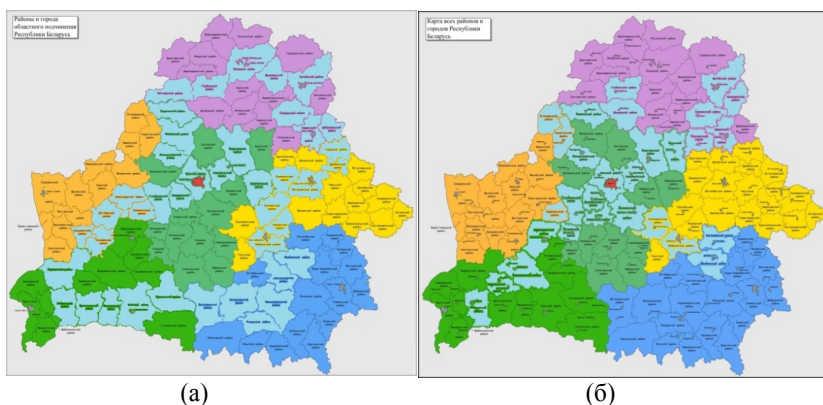


Рисунок 1 – Карта маршрутных обследований (исследуемые районы выделены голубым цветом) фитопатологического состояния проса посевного в Беларуси 2019 г. (а) и 2020(б) г.

Всего по результатам маршрутных обследований было собрано 56 образцов гербарного материала, пораженного болезнями. В чистую культуру выделено 17 штаммов фитопатогенов, относящихся к 3 видам 3 родов:

- *Bipolaris panici-miliacei* Y. Nisik;
- *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker;
- *Pyricularia grisea* Cooke ex Sacc;

Выявлено, что наиболее распространенной болезнью в производственных условиях является гельминтоспориоз листьев (рисунок 2 (а)), который был обнаружен во всех областях республики. Пирикулярриоз (рисунок 2 (б)) встречался на юге республики в Брестской (Пружанский, Кобринский, Дрогичинский, Ивановский, Пинский, Лунинецкий районы) и Гомельской области (Житковичский, Петриковский, Мозырский, Калинковичский, Светлогорский, Жлобинский районы).

Для создания искусственного инфекционного фона необходимо наличие чистых культур фитопатогенов. С этой целью из пораженных семян проса был выделен ряд патогенов из инфицированных растений, собранных на опытном поле г. Жодино в 2019 г.



Рисунок 2 – Внешнее проявление гельминтоспориоза (а) и пирикулярриоза (б) проса; дата сбора: 27.07.2020 г

На культуре проса посевного обнаружены два вида возбудителей гельминтоспориоза – *Bipolaris panici-miliacei* (рисунок 3) и *Bipolaris sorokiniana* (рисунок 4).

Обнаруженные возбудители гельминтоспориоза нельзя отличить между собой по внешним признакам проявления на листовых пластинках проса, только за счет микроскопирования (при увеличении в 200 раз) по морфологии мицелия и размерам конидий.

Результаты по выявлению оптимальной искусственной питательной среды для изучаемых патогенов имели заметное различие. Так, высокая скорость роста мицелия наблюдалась на просяном агаре и составила $6,4 \pm 0,5$ мм/сут., на 14

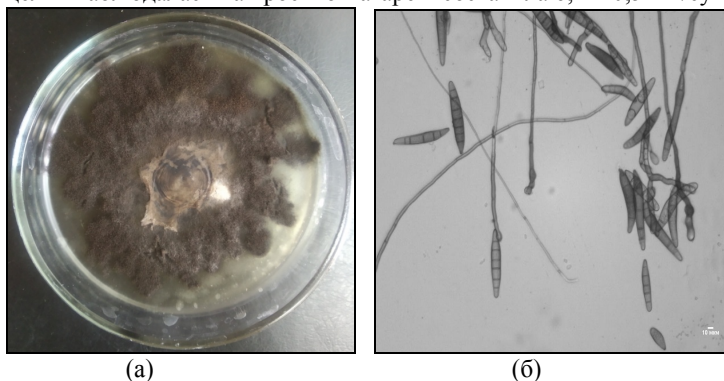


Рисунок 3 – Внешний вид мицелия (а) и споры *Bipolaris panici-miliacei* (б)

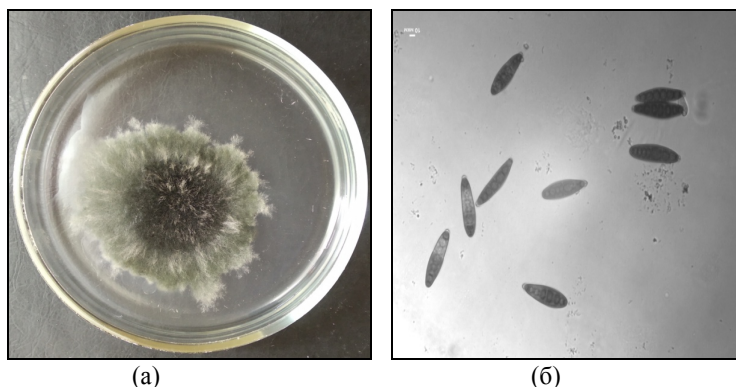


Рисунок 4 – Внешний вид мицелия (а) и споры *Bipolaris sorokiniana* (б)

сутки на просяной среде колония возбудителя покрыла всю площадь чашки Петри (таблица 1), скорость роста на дрожжевом агаре составила $4,4 \pm 0,5$ мм/сут, на КГА $5,7 \pm 0,5$ мм/сут. На среде Чапека возбудитель не имел роста.

Таблица 1 – Учет основных показателей колоний *Pyricularia grisea* на различных средах (на 14 сутки после посева)

Среда	Скорость радиального роста, мм/сут.	Диаметр колонии, см (14 сут.)	Площадь колонии, см ² (14 сут.)	Интенсивность спороношения
Дрожжи	$4,4 \pm 0,5$	$6,2 \pm 0,5$	30,2	слабая
Просяной агар	$6,4 \pm 0,5$	$9,0 \pm 0,5$	63,6	средняя
V-4	$4,9 \pm 0,5$	$6,9 \pm 0,5$	37,4	средняя
КГА	$5,7 \pm 0,5$	$7,9 \pm 0,5$	49,0	средняя
Чапек	–	–	–	–

С учетом высокой скорости роста мицелия и средней интенсивности спороношения оптимальной средой для культивирования возбудителя *Pyricularia grisea* является просяной агар.

При подборе оптимальной среды для роста и развития возбудителя *Bipolaris panici-miliacei* наименьшая радиальная скорость роста мицелия наблюдалась только на среде Чапека и составила $8,5 \pm 0,5$ мм/сут. На остальных средах скорость роста была одинаковой – $10,0 \pm 0,5$ мм/сут. Однако из всех искусственных сред выделяется картофельно-глюкозный агар (КГА), на котором была зафиксирована высокая интенсивность спороношения изучаемого возбудителя (таблица 2).

Был отмечен различный вид структурных компонентов мицелия колоний возбудителя *Bipolaris panici-miliacei*. На просянном агаре строма желтая, с зеленоватым оттенком, край колонии ровный, четкий. Форма колонии правильная округлая с бархатистым опушением.

Таблица 2 – Учет основных показателей колоний *Bipolaris panici-miliacei* на различных средах

Среда	Скорость радиального роста, мм/сут.	Диаметр колонии, см	Площадь колонии, см ² / 9 сут.	Интенсивность спороношения
Просяной агар	10,0 ± 0,5	9,0 ± 0,5	63,6	средняя
КГА	10,0 ± 0,5	9,0 ± 0,5	63,6	сильная
Чапек	8,5 ± 0,5	7,6 ± 0,5	45,3	средняя
V-4	10,0 ± 0,5	9,0 ± 0,5	63,6	слабая

На среде Чапека строма коричневая, переходящая в желтый, край колонии неровный, четкий. Форма колонии неправильная, округлая с войлочнопушистым опушением, рыхлый воздушный мицелий. КГА показал строму черную, край колонии ровный и четкий, форму имеет правильную, округлую. Опушение мицелия бархатистое.

На среде V-4 строма была светло-желтая. Край колонии неровный и четкий. Колония имеет правильную и округлую форму, с пушистым опушением.

Из полученных результатов видно, что для стабильного получения высококачественного инокулюма возбудителя *Pyricularia grisea* оптимальной средой является просяной агар, а для возбудителя *Bipolaris panici-miliacei* – картофельно-глюкозный агар.

Выводы

1. Помимо широко известной головни проса на территории республики встречаются новые болезни, вызывающие листовые пятнистости проса посевного. Обнаружен гельминтоспориоз, пирикулярриоз, а так же фузариоз метелки. Наиболее распространенным заболеванием является гельминтоспориоз.

2. В чистую культуру выделено 17 штаммов фитопатогенов, относящихся к 3 видам 3 родов.

3. Для получения высококачественного инокулюма пирикулярриоза и гельминтоспориоза проса необходимы следующие условия: чистую культуру возбудителя *Pyricularia grisea* культивировать на просянном агаре, а *Bipolaris panici-miliacei* – на картофельно-глюкозном агаре.

Литература

1. Соловьев, А.В. О накоплении сухой массы у растений проса в связи с условиями минерального питания / А.В. Соловьев, М.К. Каюмов // С.-х. биология. Сер. биол. растений. – 2008. – №5. – С. 107-109.

2. Кравцова, В.Н. Оценка сортов проса на устойчивость к пыльной головне / В.Н. Кравцова // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. трудов / Национальная академия наук Беларуси, РНИУП «Институт земледелия и селекции НАН Беларуси». – Минск: Беларуская навука, 2004. – Вып. 40. – С. 193-198.

3. Кулемина, Т.В. Меланоз как фактор низкого качества зерна проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) (обзор) / Т.В. Кулемина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – 180 (4). – С. 186-192.

4. Логинов, В.Ф. Прогноз изменений биоклиматического потенциала территории Беларуси на период 2016-2035 гг. / В.Ф. Логинов, М.А. Хитриков // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т.56, №1. – С. 51-64.

5. Широкий уніфікований класифікатор проса (*Panicum miliaceum* L.). / Л.В. Григорашенко [и др.]. – Харків: «Магда LTD». – 2009. – 62 с.

6. Сайт «Агропортал Пропозиція» [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://propozitsiya.com/> – Дата доступа: 15.03.2021.

7. Сайт «Агроексперт Трейд» [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://agroexp.com.ua> – Дата доступа: 15.03.2021.

STUDY OF THE PREVALENCE AND BIOLOGICAL PECULIARITIES OF THE MOST PREVALENT PATHOGENS OF COMMON MILLET LEAF BLIGHT IN THE REPUBLIC OF BELARUS

P.O. Koshevoi, Yu.K. Shashko, M.V. Podorsky, V.N. Kudelko

The paper states the results of the route research on prevalence of pathogens on common millet in the Republic of Belarus. It's identified that the following leaf blights are prevalent on common millet: two pathogens of Helminthosporium blight - Bipolaris panici-miliacei Y. Nisik and Bipolaris sorokiniana (Sacc.) Shoemaker, as well as Piricularia disease – Pyricularia grisea Cooke ex Sacc. Biological peculiarities of micellium growth of the identified pathogens on artificial media are examined. For obtaining high quality inoculum pure culture of Bipolaris panici-miliacei should be incubated on potato dextrose agar and pure culture of Pyricularia grisea – on millet agar.

УДК 633.2/.3:631.559:631.84:551.5

ДИНАМИКА ПИТАТЕЛЬНОЙ И КОРМОВОЙ ЦЕННОСТИ СИЛЬФИИ ПРОЗЕННОЛИСТНОЙ ПО ФАЗАМ РАЗВИТИЯ

Б.В. Шелюто, доктор с.-х. наук, **Т.Н. Мыслыва**, доктор с.-х. наук,
М.Н. Силивончик, аспирант, **А.Л. Рашкевич**, **М.А. Лузанов**, студенты
УО «БГСХА», г. Горки, Республика Беларусь
(Поступила 07.04.2021)

Рецензент: Клыга Е.Р., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Представлена характеристика питательной и кормовой ценности сильфии прозеннолистной по фазам развития и видам хозяйственного использования. Установлено, что в фазу стеблевания, когда сильфия используется для подкормки скота в системе зеленого конвейера, содержание обменной энергии в ее биомассе колеблется от 9,8 до 10,4 МДж, содержание переваримого протеина составляет от 66,8 г до 91,2 в 1 кг воздушно-сухого вещества, а обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином достигает 76,8 г и 118,5, что соответствует нормам кормления продуктивных животных. В фазу цветения, когда осуществляется уборка сильфии для закладки на силос, содержание питательных веществ составляет соответственно 9,7 и 10,1 МДж, 84,2 и 90,4 г и 109,4 и 120,5 г. Максимальная питательная ценность сильфии зафиксирована в фазу бутонизации, наступающую еще до завершения полного стеблевания и начала цветения третьего яруса соцветий, в период прохождения которых содержание сырого протеина в зеленой массе достигало 148-153 г, переваримого протеина 101,0-105,4 г, а обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином составила 123,2-131,8 г.

Кормовая база для животноводческой отрасли должна совершенствоваться не только на интенсивных приемах растениеводства и земледелия, но и мероприятиях адаптивного кормопроизводства, основанных на нематериальных ресурсах. Производство качественных и недорогих кормов возможно при высокой эффективности сельскохозяйственного производства с учетом природных факторов, биологических, энергетических и материальных ресурсов. Для этого потребуются привлечение и интродукция в производство более продуктивных видов растений, посевы которых обеспечивали бы максимальное использование ФАР (фотосинтетическая активная радиация) и почвенных ресурсов [2, 3].

Сильфия пронзеннолистная – культура разностороннего хозяйственного использования. Ее выращивают на зеленый корм, для приготовления силоса. Ее зеленую массу охотно поедают коровы, овцы, свиньи и другие животные даже в неизмельченном виде. Некоторые авторы отмечают, что с началом периода кормления животных необходимо приучать к новому корму. [2, 3, 5, 11, 12].

По урожаю биомассы сильфия одна из самых урожайных кормовых культур, способна давать урожай зеленой массы в зонах с выпадением осадков до 500 мм и более 1500-1600 ц/га, на орошаемых землях южной зоны до 2369 ц/га. По результатам исследований В.С. Павлова (1969-1973 гг.) в Витебской области сильфия пронзеннолистная обеспечила урожайность зеленой массы 1001 ц/га, выходом сухого вещества 200,5 и сырого протеина 19,36 ц/га [2, 3, 8, 10].

По кормовым достоинствам не уступает традиционным кормовым культурам (по содержанию протеина превосходит кукурузу и приравнивается к бобовым растениям).

Сильфия имеет ценную по питательности зеленую массу. Питательность корма зависит от фазы вегетации растения, сроков уборки зеленой массы, удобрений, технологии возделывания культуры и его приготовления.

В исследованиях М.А. Кормановской и др. [4] в условиях Казахстана показатели химического состава зеленой массы сильфии пронзеннолистной были следующими: содержание общей влаги – 87,11 %, сырого протеина – 2,03, сырой золы – 1,7, сырой клетчатки – 3,0, сырого жира – 0,4 %. В 1 кг корма каротина – 23,57 мг, кормовых единиц – 0,12, обменной энергии – 1,41 МДж. Полученные данные этого же образца, но в расчете на сухое вещество составили: сырого протеина – 15,6 %, сырой золы – 13,08, сырой клетчатки – 23,1, сырого жира – 3,1, БЭВ – 45,12 %. В 1 кг корма каротина – 181,3 мг, кормовых единиц – 0,96, обменной энергии – 10,86 МДж. В условиях Польши в исследованиях V. Bury с соавторами содержание переваримого протеина составило 14-15,5 %, а золы 3,5 %, содержание валовой энергии составило 12,2-17,8 МДж в абсолютно сухом веществе сильфии [12], аналогичные исследования получены также в Польше J. Tworkowski с соавторами, содержание переваримого протеина составило 11 %, а переваримость белка 66-67,8 % [13].

Сильфия содержит 17,6 % сухого вещества, включая 152,3 мг/кг золы. Содержание макроэлементов: кальций 18,1, фосфор 2,55, магний 4,48, калий 24,03, натрий 0,40, сера 0,40 мг/кг сухого вещества, микроэлементов железо 128,02, медь 07,5, цинк 6,25, кобальт 0,45 мг/кг сухого вещества [5, 8, 9]. В исследова-

ниях V. Вугу содержание фосфора составило 0,44-0,82, калия 0,66-0,99 г/кг сухого вещества [11].

В связи с тем, что в условиях Республики Беларусь питательная и кормовая ценность силфий пронзеннолистной мало изучена, целью наших исследований явилось установить питательную ценность зеленой массы силфий пронзеннолистной при ее многоукосном использовании с целью эффективного внедрения в сельскохозяйственное производство.

Материалы и методика проведения исследований. Исследования выполнялись на территории Горецкого района Могилевской области Республики Беларусь. Опыты были заложены в 2015 г. на опытном поле УО БГСХА «Тушково» (Горецкий район, пос. Гошч-Чарны). Посев проводили стратифицированными семенами по норме высева 70 тыс. растений/га. Варианты опыта закладывались в 4-кратной повторности, учетная площадь делянки составляла 10 м².

Урожайность в опытах учитывалась посредством сплошного скашивания травы со всей делянки и последующего ее взвешивания. Параллельно в металлические боксы отбирались растительные образцы для высушивания, определения химического состава, содержания влаги и выполнения пересчёта на выход сухого вещества [6].

Содержание общего азота в биомассе определяли по Кьельдалю, сырого протеина – посредством пересчета на соответствующий коэффициент, сырого жира – методом обезжиренного остатка на приборе Сокслета, сырой клетчатки – по Кюршнеру и Ганеку в модификации кафедры агрохимии Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева, БЭВ – расчётным методом [6, с. 116-120, с. 137-142, с. 184-187].

Содержание фосфора в биомассе определяли на фотоэлектрокалориметре, калия – на пламенном фотометре, кальция и магния – методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе SOLAAR S Series AA фирмы Thermo Scientific (США).

Сбор кормовых единиц, обменной энергии и переваримого протеина устанавливали расчётным путём по химическому составу корма с учётом его переваримости [6].

Статистическую оценку экспериментальных данных выполняли по методике Б.А. Доспехова [1, с. 228-231].

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлено содержание элементов питания у силфий пронзеннолистной в фазу стеблевания, бутонизации и цветения (1 укос) и в фазу бутонизации (2 укос). Как видно из результатов анализа, проведенного в химико-экологической лаборатории УО «БГСХА», силфий пронзеннолистная в фазу стеблевания, когда ее можно использовать в системе зеленого конвейера для скормливания КРС, характеризуется довольно высокой питательностью. Содержание в воздушно сухом веществе силфий в фазу стеблевания составило сырого протеина 10,9-13,7 %, сырой клетчатки 18,4-20,0 %, сырого жира 1,96-2,26 % и растворимых углеводов 6,08-9,84 %. Необходимо отметить, что содержание питательных веществ было ниже в 2020 г., когда была затяжная весна и растения начали позже отрастать.

В фазу бутонизации количество сырого протеина возросло до 14,8-15,3 %, сырой клетчатки до 19,6-19,9 %, сырого жира до 2,11-2,13 %, а растворимых углеводов снизилось до 5,46-7,46%.

В фазу цветения, когда сильфия пронзеннолистная используется для заготовки силоса, содержание элементов питания изменилось незначительно в сторону понижения содержания сырого протеина и повышения содержания сырой клетчатки, однако находилось на довольно высоком уровне. Так, содержание сырого протеина составило 12,9-13,6 %, сырой клетчатки 20,9-21,1 %, сырого жира 2,14-2,42 % и растворимых углеводов 3,91-5,77 %. Во втором укосе повысилось содержание сырого протеина до 18,6-20,8 % и снизилось содержание клетчатки до 13,5-15,5 %, на что, по нашему мнению, повлияло большое количество прикорневых листьев.

Содержание каротина составило в фазу стеблевания 80,4-84,9 мг/кг, в фазу бутонизации 96,1-116,4 и цветения 91,5-130,2 мг/кг, что подтверждает ранее приведенные данные М.М. Эдельштейном из ТСХА.

Содержание Р и К составило в фазу стеблевания 0,17-0,39 и 3,9-4,24%, в фазу бутонизации 0,18-0,22 и 1,56-3,47%, а в фазу цветения 0,20-0,28 и 2,97-3,87 % соответственно. В исследованиях, проведенных П.Ф. Шмаковым в Омске, минеральный состав сильфии в фазу цветения составил: кальций – 18,1, фосфор – 2,55, магний – 4,48, калий – 24,03, натрий – 0,40, сера – 0,40 мг/кг сухого вещества [11]. Если перевести содержание фосфора и калия в наших исследованиях на единицы измерения мг/кг, получается содержание фосфора в фазу цветения 0,2-0,28, калия 29,7-38,7 мг/кг.

Во втором укосе содержание фосфора и калия повысилось и составило 0,25-0,28 и 4,12-4,29 % соответственно. Принято считать, что содержание в сухом веществе 0,33-0,45 % фосфора отвечает зоотехническим нормам.

В сухом веществе трав должно находиться не более 2,0-2,5 % K_2O , а оптimumом считается 0,6-0,7 % калия. Согласно данным отечественных исследователей, вредным для животных считается его содержание более 25-30 г/кг [10]. Таким образом, сильфия в исследуемые фазы 1 укоса и фазу бутонизации 2 укоса в наших исследованиях имела пониженное содержание фосфора и повышенное содержание калия, в фазу цветения качество корма по содержанию этих макроэлементов соответствовало зоотехническим нормам кормления сельскохозяйственных животных.

В таблице 2 показана кормовая ценность сильфии пронзеннолистной по фазам развития. Как видно из результатов расчета по 2-м годам исследований, наиболее ценным по содержанию питательных веществ является 2 укос сильфии пронзеннолистной, однако содержание сырой клетчатки в этом корме не отвечает зоотехническим нормам.

Содержание обменной энергии составляет 10,2 и 10,5 МДж, содержание переваримого протеина 154,1 и 134,6 г в кг корма, на одну кормовую единицу приходится 185,6 и 153,0 г переваримого протеина. Такой корм из сильфии пронзеннолистной можно использовать для подкормки скоту в системе зеленого конвейера, или для заготовки травяной муки.

Таблица 1 – Динамика содержания элементов питания в зеленой массе салфитии пронзеннолистной по фазам вегетации, n=96

Фаза вегетации	Сырой протеин %		Сырая клетчатка, %		Сырой жир, %		Сырая зола, %		Растворимые углеводы, %		Каротин, мг/кг		Минеральный состав %			
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019г	2020
Год наблюдений																
Первый укос																
Стеблевание	13,7±0,26	10,9±0,20	20,0±0,35	18,4±0,33	2,26±0,03	1,96±0,03	13,2±0,25	13,7±0,26	9,84±0,17	6,08±0,11	84,9±1,62	80,4±1,52	0,17±0,01	0,39±0,01	3,90±0,07	4,24±0,08
Бутонизация	15,3±0,29	14,8±0,28	19,9±0,37	19,6±0,37	2,31±0,04	2,11±0,03	13,6±0,28	11,2±0,28	7,46±0,12	5,46±0,10	116,4±2,38	96,1±1,85	0,18±0,01	0,22±0,01	3,47±0,06	1,56±0,03
Начало цветения	13,6±0,25	12,9±0,22	20,9±0,39	21,1±0,39	2,42±0,05	2,14±0,04	13,9±0,23	11,9±0,26	5,77±0,15	3,91±0,07	130,2±2,54	91,5±1,73	0,20±0,01	0,28±0,01	2,97±0,07	3,87±0,07
Второй укос																
Бутонизация	20,8±0,37	18,6±0,34	13,5±0,25	15,5±0,28	2,08±0,04	2,12±0,02	15,7±0,29	13,7±0,33	3,39±0,08	5,62±0,09	58,0±1,18	56,0±1,15	0,25±0,01	0,28±0,01	4,29±0,08	4,12±0,08

Таблица 2 – Динамика кормовой ценности силъфии пронзеннолистной по фазам развития, n=96

Фаза разви-тия	Укос	Содержание в 1 кг воздушно сухого вещества						
		сырого протеи-на, г	валовой энергии, МДж	обмен-ной энергии, МДж	овсяных кормо-вых единиц	энергети-ческих кормовых единиц	перевари-мого протеи-на, г	обеспе-ченность к.е. пере-варимым протеи-ном, г
2019 г.								
Стебле-вание	1	137±3,28	16,96±0,39	9,8±0,23	0,77±0,02	0,93±0,03	91,2±2,31	118,5±2,78
Бутони-зация		153±3,62	17,1±0,42	10,0±0,25	0,80±0,03	0,95±0,04	105,4±2,74	131,8±3,16
Начало цве-тения		136±3,18	16,84±0,36	9,7±0,23	0,75±0,02	0,92±0,03	90,4±2,12	120,5±3,84
Бутони-зация	2	208±4,78	16,9±0,40	10,2±0,24	0,83±0,03	0,97±0,03	154,1±3,58	185,6±4,35
2020 г.								
Стебле-вание	1	109,4±2,67	16,7±0,38	10,4±0,24	0,87±0,03	0,99±0,04	66,8±1,72	76,8±1,83
Бутони-зация		148±3,62	17,5±0,42	10,1±0,22	0,82±0,02	0,96±0,03	101,0±2,88	123,2±2,79
Начало цве-тения		129±3,22	17,2±0,40	9,8±0,22	0,77±0,01	0,93±0,03	84,2±2,65	109,4±2,47
Бутони-зация	2	186±4,53	17,2±0,40	10,5±0,25	0,88±0,03	1,00±0,04	134,6±3,85	153,0±3,55

В фазу стеблевания, когда силъфия используется для подкормки скота в системе зеленого конвейера, содержание обменной энергии составляет по годам исследований 9,8 и 10,4 МДж, содержание переваримого протеина 91,2 и 66,8 г в 1 кг воздушно сухого вещества, а обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином составляет 118,5 и 76,8 г, что соответствует нормам кормления продуктивных животных.

В фазу бутонизации отмечается наибольшая питательная ценность культуры, содержание сырого протеина составило 148-153г, переваримого 101,0-105,4 г, обеспеченность к.е. переваримым протеином составила 123,2-131,8 г. Однако в 2020 г. содержание обменной энергии, овсяных и энергетических кормовых единиц в 1 кг корма снизилось по сравнению с фазой стеблевания, но было выше, чем в фазу начало цветения.

В фазу цветения, фаза уборки силъфии для закладки на силос, содержание питательных веществ составляет соответственно 9,7 и 9,8 МДж, 84,2 и 90,4 г и 109,4 и 120,5 г.

Заключение

Сильфия пронзеннолистная характеризуется довольно высокой питательной и кормовой ценностью. В фазу стеблевания, когда сильфию можно использовать в системе зеленого конвейера для подкормки скота, кормовая ценность довольно высокая, обменной энергии 9,8-10,4 МДж, переваримого протеина 66,8-91,2 г, насыщенность 1 кормовой единицы переваримым протеином составила 76,8-118,5 г.

Во втором укосе в фазе начала бутонизации питательная ценность повышается до содержания 134,6-154,1 г переваримого протеина и 10,2-10,5 МДж обменной энергии, насыщенность кормовой единицы переваримым протеином составила 153,0-185,6 г.

Наиболее питательный 1 укос сильфии пронзеннолистной в фазу бутонизации, содержание обменной энергии повышается до 10,0-10,1 МДж, переваримого протеина 101,0-105,4 г и насыщенность кормовой единицы 123,2-131,8 г переваримого протеина.

Использовать сильфию пронзеннолистную в системе зеленого конвейера с высокой питательной ценностью можно с фазы стеблевания до полной фазы бутонизации, что в условиях северо-восточной части Беларуси составляет почти целый месяц. В фазу цветения, когда сильфия пронзеннолистная используется для заготовки силоса, питательная ценность снижается, однако остается еще довольно высокой, содержание обменной энергии 9,7-9,8 МДж, переваримого протеина 84,2-90,4 г и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином составляет 109,4-120,5 г.

В фазу стеблевания в 1 укосе и фазу бутонизации во 2 укосе в наших исследованиях сильфия имела пониженное содержание фосфора и повышенное содержание калия, в фазу цветения качество корма по содержанию этих макроэлементов соответствовало зоотехническим нормам кормления сельскохозяйственных животных.

Литература

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Емелин, В.А. Сильфия пронзеннолистная: хозяйственная ценность, биология и технология возделывания / В.А. Емелин – Витебск: ВГАВМ, 2011. – 36 с.
3. Костицкая, Е.В. Урожайность зеленой массы сильфии пронзеннолистной по фазам скашивания в зависимости от дозы азотных удобрений в условиях глобального изменения климата / Е.В. Костицкая, Б.В. Шелютко // Вестник БГСХА – 2020. – №1. – С.78-82.
4. Кормановская, М.А. Химический состав и питательность кормов Казахстана / М.А. Кормановская, М.С. Люторулина, Н.З. Бекмухамедова. – Алма-Ата: Кайнар, 1968. – 248 с.
5. Лузанов, М.А. Питательная ценность сильфии пронзеннолистной / М.А. Лузанов [и др.] // Биология и совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст по материалам Межд. научн. конф. студентов и магистрантов, посв. 100-летию каф. ботаники. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 82-84.
6. Методика полевых опытов с кормовыми культурами / Всесоюз. научно-исслед. ин-т кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1971. – 158 с.
7. Петербургский, А.В. Практикум по агрохимической химии: изд. 6-е переработ. и доп. / А.В. Петербургский. – М.: Колос, 1968. – 496 с.

8. Томмэ, М.Ф. Корма СССР. Состав и питательность / М.Ф. Томмэ [таблица, 4-е изд.]. – М.: Колос, 1964. – 448 с.

9. Урожайность зеленой и сухой массы силфий пронзеннолистной в зависимости от фона азотного питания / Б.В. Шелюто, Т.Н. Мыслыва, М.Н. Силивончик, Е.В. Костицкая // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: мат. XVII Межд. науч. конф. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. – С. 668-674.

10. Шмаков, П.Ф. Протеиновые ресурсы и их рациональное использование при кормлении сельскохозяйственных животных и птицы: монография / П.Ф. Шмаков [и др.]. – Омск: Вариант. – Омск, 2008. – 488 с.

11. Янушко, С.В. Организация кормовой базы для дойного стада в сельскохозяйственных предприятиях: учебно-практическое пособие / С.В. Янушко, М.В. Шупик, Н.М. Бугаенко. – Минск: Экоперспектива, 2001. – 232 с.

12. Bury, M. Yields, calorific value and chemical properties of cup plant *Silphium perfoliatum* l. biomass, depending on the method of establishing the plantation / B. Marek, E. Mozdzer, T. Kitzak, H. Siwek, M. Włodarczyk // Agronomy. – 2020. – №10. – P. 2-21.

13. Tworowski, J. Chemical composition and energetic value of biomass from willow SRC, cup plant and *Miscanthus x giganteus* / J. Tworowski, M. Stolarski, H. Wróblewska // Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. – 2010. – №547. – P. 401-408.

DYNAMICS OF NUTRITIONAL AND FEED VALUE OF CUP PLANT (*SILPHIUM PERFOLIATUM*) RELATING TO THE DEVELOPMENT STAGES

B.V. Sheliuto, T.N. Myslyva, M.N. Silivonchik, A.L. Rashkevich, M.A. Luzanov

*The characterization of nutritional and feed value of cup plant (*Silphium Perfoliatum*) relating to the development stages and a type of economic application is presented. It's established that at the booting stage, when cup plant (*Silphium Perfoliatum*) is used for cattle feeding in the green conveyor system the metabolizable energy content in cup plant biomass varies from 9.8 to 10.4 megajoule, the digestible protein content amounts to 66.8-91.2 g per kilo of air-dry matter, and the digestible protein content per fodder unit reaches up to 76.8 g and 118.5 g, which is in line with the dietary standard of production animals. At the anthesis stage, when cup plant (*Silphium Perfoliatum*) is harvested for silage the nutrient content amounts to 9.7 and 10.1 megajoule, 84.2 g and 90.4 g, 109.4 g and 120.5 g respectively. The maximum nutritional value of cup plant (*Silphium Perfoliatum*) is established at the heading stage beginning before the completion of the booting stage and flowering of the third tier of inflorescence. During the stages the crude protein content in green mass reaches up to 148-153 g, the digestible protein – 101-105.4 g, and the digestible protein content per fodder unit amounts to 123.2-131.8 g.*

УДК 633.15:631[82+872]:631.1(003.13)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПОВТОРНОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

Г.Н. Куркина, научный сотрудник,

Д.Н. Володькин, Н.Л. Холодинская, кандидаты с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 11.03.2021)

Рецензент: Берестов И.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. На связносуспесчаной почве с повышенным содержанием фосфора и калия в 2018-2020 гг. изучена агрономическая и экономическая эф-

фективность применения минеральных удобрений и соломы при повторном размещении кукурузы. Установлено, что при внесении в первый год 60 т/га подстилочного навоза КРС высокую урожайность и наименьшую себестоимость 1 т зерна или кормовых единиц обеспечивает вариант уборки кукурузы на зерно с последующей запашкой соломы и внесением в следующем году в предпосевную культивацию 30 кг/га азота, 45 кг/га калия и в фазу 6-7 листьев кукурузы 60 кг/га азота в виде мочевины. На фоне без кукурузной соломы, когда культура убирается на силос, данный вариант также является лучшим, но величина чистого дохода в этом случае ниже на 70,5-89,9 руб./га.

Получение высоких урожаев кукурузы возможно только при хорошей обеспеченности почвы питательными веществами [1]. Поэтому на бедных питательными веществами дерново-подзолистых почвах важнейшую роль играют удобрения [2]. На окультуренной почве под кукурузу экономически оправданы умеренные дозы органических и минеральных удобрений, обеспечивающие получение не только высокой урожайности, но и поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве [3]. Важное значение имеет и применение соломы. При существующей в Беларуси структуре посевных площадей в разные годы выход соломы достигает 9-10 млн т (с учетом листостебельной массы кукурузы после уборки на зерно), из которых 2,8-3,8 млн т можно измельчать и использовать в качестве органического удобрения [4]. Ценность соломы заключается в том, что она обладает длительным последствием [5]. Наиболее целесообразна запашка соломы под бобовые и пропашные культуры [6]. В последние 3 года уборочная площадь кукурузы на зерно составляла в среднем 184 тыс. га при урожайности 5,75 т/га. Согласно литературным источникам [4] ежегодный возврат кукурузной соломы, преимуществом которой является более быстрое разложение относительно других культур, составлял 1,3 млн т. Поэтому для реализации высокого потенциала продуктивности кукурузы и эффективной окупаемости вкладываемых в нее средств необходимо дальнейшее усовершенствование системы удобрения этой культуры, которое будет обеспечивать снижение материально-денежных затрат [7].

Методика и условия проведения исследований. Полевые опыты проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием в пахотном слое 2,62 % гумуса, P_2O_5 – 193 мг/кг и K_2O – 276 мг/кг почвы, pH – 6,11.

Предшественник – кукуруза. Под кукурузу в первый год вносили 60 т/га навоза КРС, затем убирали на зерно с последующей запашкой растительных остатков и 5,5 т/га сухого вещества соломы, и на силос, с запашкой лишь пожнивных остатков. Во второй год посева кукурузы схема опыта включала 10 вариантов внесения минеральных удобрений. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. Для посева использовали гибрид *Колizeй*. Норма высева – 90-100 тыс. семян/га. Способ сева: широкорядный, ширина междурядий 70 см. В фазу 2-3 листьев кукурузы применяли гербицид Люмакс в

норме 3,5 л/га. Площадь опытных делянок 30 м², учетная – 15 м². Повторность – четырехкратная. Исследования выполняли в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой и кормовыми культурами [8, 9].

Погодные условия в 2018 г. и 2019 г. на протяжении всего вегетационного периода были благоприятными для роста и развития кукурузы. В 2020 г. развитие растений кукурузы отставало по сравнению с предыдущим годом, но было близким к среднегодовым показателям. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2018 г. составила 1145 °С, в 2019 г. – 981 °С, в 2020 – 933 °С при норме 822 °С. За этот период, по данным метеостанции Борисов, выпало осадков 297, 384 и 420 мм соответственно при норме 370 мм.

Результаты исследований и их обсуждение. Следует отметить, что на почве опытного участка, содержащей повышенное количество подвижных форм фосфора и калия, внесение фосфорного и калийного удобрений не оказывало существенного влияния на урожайность. Эффективным было лишь действие азотного удобрения (таблица 1).

Максимальную урожайность зеленой массы кукурузы на обоих фонах показали варианты с дробным внесением азотных удобрений. На фоне заправки соломой все варианты применения удобрений несущественно различались по действию на урожайность зеленой массы кукурузы, а на фоне без соломой достоверное снижение по сравнению с вариантами дробного внесения азота отмечено только при внесении N₉₀P₆₀K₉₀, N₉₀P₀K₉₀.

Общий сбор сухого вещества на фоне заправки соломой составил 176,3 ц/га, без нее – 169,8 ц/га, разница в 6,5 ц/га – существенная (НСР₀₅ = 5,2 ц/га). Все варианты внесения минеральных удобрений на обоих фонах существенно повышали урожайность сухого вещества данной культуры. На фоне заправки соломой прирост составил 18-27%, без нее – 22-36%. Вместе с тем, в число лучших по урожайности не вошли N₁₂₀₋₁₅₀P₀K₄₅ на обоих фонах и N₉₀P₀K₀ на фоне без соломой.

При повторном размещении кукурузы после кукурузы, убранной на зерно, внесение во второй год карбамида сверх 90 кг/га не приводило к росту урожайности сухого вещества. Так, средняя урожайность при такой дозе составила 180,0 ц/га, при 120 кг/га – 179,0 ц/га, 150 кг/га – 179,3 ц/га. На фоне без заправки кукурузной соломой, когда эта культура была убрана на силос, отмечается небольшой прирост урожая сухого вещества с увеличением дозы азота. Сбор сухого вещества в этом случае составил 172,9 ц/га, 173,8 ц/га и 175,2 ц/га соответственно. Вместе с тем, можно выделить варианты с наибольшей урожайностью сухого вещества на обоих фонах минеральных удобрений: N₃₀₊₆₀P₀K₄₅, N₆₀₊₆₀P₀K₄₅, N₉₀₊₆₀P₀K₄₅.

На фоне уборки кукурузы на зерно с заправкой соломой средняя урожайность зерна 14%-ной влажности повторной культуры равнялась 101,7 ц/га, а при уборке кукурузы на силос – на 2,6 ц/га меньше (при НСР₀₅ = 2,3 ц/га). Лучший вариант на первом фоне – N₃₀₊₆₀P₀K₄₅ с урожайностью 108,6 ц/га. Несущественно уступили ему (на 0,9-4,9 ц/га) варианты: N₆₀₊₆₀P₀K₄₅, N₉₀₊₆₀P₀K₄₅,

Таблица 1 – Урожайность и влажность зерна кукурузы в зависимости от применяемых удобрений (среднее за 2018-2020 гг.)

Вариант	Урожайность				Влажность зерна при уборке, %
	зеленой массы	сухого вещества	зерна натураль- ной влажности	зерна 14%- ной влажно- сти	
Фон с запашкой соломы					
1. Контроль	380	146,2	116,4	85,1	37,1
2. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	462	181,0	139,1	103,7	35,9
3. N ₉₀ P ₀ K ₉₀	464	179,9	141,2	104,4	36,4
4. N ₉₀ P ₀ K ₀	451	177,4	137,5	102,0	36,2
5. N ₉₀ P ₀ K ₄₅	452	176,1	137,4	101,8	36,3
6. N ₃₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	476	185,5	146,8	108,6	36,4
7. N ₁₂₀ P ₀ K ₄₅	446	172,4	133,3	98,7	36,3
8. N ₆₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	473	185,5	144,9	107,7	36,1
9. N ₁₅₀ P ₀ K ₄₅	452	172,9	133,9	98,9	36,5
10. N ₉₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	474	185,7	142,4	106,0	36,0
Среднее	453	176,3	137,3	101,7	36,3
Фон без соломы					
1. Контроль	349	135,4	109,2	80,0	37,0
2. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	441	174,9	137,8	102,9	35,8
3. N ₉₀ P ₀ K ₉₀	437	171,3	135,4	100,3	36,3
4. N ₉₀ P ₀ K ₀	419	165,4	132,5	98,0	36,4
5. N ₉₀ P ₀ K ₄₅	429	170,5	133,1	99,5	35,7
6. N ₃₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	464	182,2	141,7	105,1	36,2
7. N ₁₂₀ P ₀ K ₄₅	428	166,3	131,4	96,9	36,6
8. N ₆₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	463	181,3	143,3	106,0	36,4
9. N ₁₅₀ P ₀ K ₄₅	425	166,6	128,8	96,0	35,9
10. N ₉₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	466	183,9	142,4	106,3	35,8
Среднее	432	169,8	133,6	99,1	36,2
НСР ₀₅ АВ	42	16,4		7,3	
А (вариант)	30	11,6		5,2	
В (фон)	13	5,2		2,3	

N₉₀P₀K₉₀ и N₉₀P₆₀K₉₀. В то же время на фоне уборки кукурузы на силос два последних варианта при повторном возделывании кукурузы показали более низкую урожайность зерна, которая равнялась 100,3 и 102,9 ц/га.

При возделывании кукурузы на зерно важным показателем является влажность его при уборке. Исследования показывают, что внесение минеральных удобрений способствовало снижению влажности зерна (в среднем на 0,5-1,2%). Дробное и разовое внесение азотных удобрений, а также заплата соломы не влияли на влажность зерна при уборке (по 36,2 %).

Расчет экономической эффективности применения минеральных удобрений при различных вариантах уборки предшествующей кукурузы показал, что материальные затраты на выращивание культуры на силос на фоне заплата соломы составляют 2418,0 руб./га, без нее 2394,0 руб./га, на зерно – 2726,3 и 2706,2 руб./га соответственно. Более высокие затраты при возделывании куку-

рузы на зерно связаны с большими расходами на ГСМ, которые в структуре затрат составили 26,7-27,3 % против 16,3-16,5 % при уборке на силос. В то же время по расходам на оплату труда отмечается обратная картина: 2,9 % против 8,1-8,3 %.

Уборка кукурузы на зерно с последующей запашкой соломы при внесении в следующем году 30 кг/га д.в. азота и 45 кг/га калия в предпосевную культивацию и 60 кг/га в виде мочевины в фазу 6-7 листьев кукурузы обеспечивает наибольший чистый доход и наименьшую себестоимость как при возделывании на зерно (1111,5 руб./га и 249,6 руб./т зерна соответственно), так и на силос (2032,5 руб./га и 188,7 руб./т к.ед.) (таблицы 2, 3). Этот же вариант внесения минеральных удобрений оказался лучшим и на фоне, когда предшествующая кукуруза убиралась на силос (1021,6 руб./га и 254,8 руб./т при выращивании на зерно и 1962,0 руб./га и 191,2 руб./т к.ед. при возделывании на силос), но величина чистого дохода при этом на 89,9 руб./га ниже при выращивании на зерно и на 70,5 на силос. В среднем по всем вариантам опыта возделывание кукурузы на фоне запашки соломы повышало величину чистого дохода на 69,0 руб./га при уборке кукурузы на зерно и на 100,7 руб./га при уборке на силос.

Таблица 2 – Экономическая эффективность применения удобрений при выращивании кукурузы на зерно

Вариант	Стоимость продукции, руб./га	Затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т зерна, руб.	Рентабельность, %
Фон с запашкой соломы					
1. Контроль	2995,5	2391,5	604,1	281,0	25,3
2. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	3650,2	2847,8	802,4	274,6	28,2
3. N ₉₀ P ₀ K ₉₀	3674,9	2675,2	999,7	256,2	37,4
4. N ₉₀ P ₀ K ₀	3590,4	2648,2	942,2	259,6	35,6
5. N ₉₀ P ₀ K ₄₅	3583,4	2655,0	928,4	260,8	35,0
6. N ₃₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	3822,7	2711,2	1111,5	249,6	41,0
7. N ₁₂₀ P ₀ K ₄₅	3474,2	2694,4	779,8	273,0	28,9
8. N ₆₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	3791,0	2747,6	1043,4	255,1	38,0
9. N ₁₅₀ P ₀ K ₄₅	3481,3	2760,2	721,0	279,1	26,1
10. N ₉₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	3731,2	2796,8	934,4	263,8	33,4
Среднее	3579,5	2692,8	886,7	265,3	32,9
Фон без запашки соломы					
1. Контроль	2816,0	2350,7	465,3	293,8	19,8
2. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	3622,1	2839,3	782,7	275,9	27,6
3. N ₉₀ P ₀ K ₉₀	3530,6	2642,7	887,9	263,5	33,6
4. N ₉₀ P ₀ K ₀	3449,6	2626,2	823,4	268,0	31,4
5. N ₉₀ P ₀ K ₄₅	3502,4	2621,3	881,1	263,4	33,6
6. N ₃₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	3699,5	2678,0	1021,6	254,8	38,2
7. N ₁₂₀ P ₀ K ₄₅	3410,9	2693,2	717,7	277,9	26,6
8. N ₆₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	3731,2	2751,1	980,1	259,5	35,6
9. N ₁₅₀ P ₀ K ₄₅	3379,2	2718,2	661,0	283,2	24,3
10. N ₉₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	3741,8	2785,9	955,8	262,1	34,3
Среднее	3488,3	2670,7	817,7	270,2	30,5

**Таблица 3 – Экономическая эффективность применения удобрений при
выращивании кукурузы на силос**

Вариант	Стоимость продукции, руб./га	Затраты, руб./га	Чистый до- ход, руб./га	Себестои- мость 1 т к. ед., руб.	Рентабель- ность, %
Фон с запашкой соломы					
1. Контроль	3446,1	2079,3	1366,8	211,2	65,7
2. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	4294,2	2550,7	1743,5	207,9	68,4
3. N ₉₀ P ₀ K ₉₀	4220,3	2371,1	1849,2	196,6	78,0
4. N ₉₀ P ₀ K ₀	4202,4	2336,0	1866,5	194,6	79,9
5. N ₉₀ P ₀ K ₄₅	4169,6	2349,2	1820,3	197,2	77,5
6. N ₃₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	4410,7	2378,2	2032,5	188,7	85,5
7. N ₁₂₀ P ₀ K ₄₅	4076,8	2396,9	1679,9	205,8	70,1
8. N ₆₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	4410,7	2430,4	1980,3	192,9	81,5
9. N ₁₅₀ P ₀ K ₄₅	4089,0	2461,1	1627,9	210,7	66,1
10. N ₉₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	4416,0	2488,4	1627,6	197,2	77,5
Среднее	4173,6	2384,1	1759,5	200,3	75,0
Фон без запашки соломы					
1. Контроль	3196,9	2040,9	1156,0	223,4	56,6
2. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	4139,4	2524,6	1614,8	213,5	64,0
3. N ₉₀ P ₀ K ₉₀	4049,5	2342,6	1706,9	202,5	72,9
4. N ₉₀ P ₀ K ₀	3903,9	2296,3	1607,6	205,9	70,0
5. N ₉₀ P ₀ K ₄₅	4029,6	2320,7	1708,9	201,6	73,6
6. N ₃₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	4325,3	2363,3	1962,0	191,2	83,2
7. N ₁₂₀ P ₀ K ₄₅	3926,0	2374,6	1551,4	211,7	65,3
8. N ₆₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	4301,8	2418,0	1883,9	196,7	77,9
9. N ₁₅₀ P ₀ K ₄₅	3933,3	2427,6	1505,7	216,0	62,0
10. N ₉₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅	4369,0	2478,5	1890,6	198,6	76,3
Среднее	4017,5	2358,7	1658,8	206,1	70,2

Заключение

Уборка кукурузы на зерно с последующей запашкой соломы при внесении в следующем году 30 кг/га азота, 45 кг/га калия в предпосевную культивацию и 60 кг/га азота в виде мочевины в фазу 6-7 листьев кукурузы обеспечивает наибольший чистый доход и наименьшую себестоимость как при возделывании на силос (2032,5 руб./га и 188,7 руб./т к.ед.), так и на зерно (1111,5 руб./га и 249,6 руб./т соответственно). На фоне без кукурузной соломы величина чистого дохода в этом также лучшим варианте на 70,5-89,9 руб./га ниже. При повторном размещении кукурузы после кукурузы, возделываемой на зерно с последующей запашкой соломы и пожнивных остатков, урожайность зеленой массы и зерна выше, чем при размещении после кукурузы, убираемой на силос с запашкой лишь пожнивных остатков.

Литература

1. Семина, С.А. Условия возделывания и продуктивность кукурузы / С.А. Семина, А.С. Палийчук, И.В. Гаврюшина // Нива Поволжья. – 2016. – №4 (41). – С. 63-69.

2. Современные аспекты возделывания кукурузы в связи с изменением климата / Н.Ф. Надточаев, А.З. Богданов, Д.В. Лужинский, Г.Н. Куркина. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 153 с.
3. Надточаев, Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев // Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
4. Серая, Т.М. Особенности применения соломы на удобрения / Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Белорусское сельское хозяйство. – 2020. – №6. – С. 82-84.
5. Богатырева, Е.Н. Изменение содержания элементов питания и углерода в соломе сельскохозяйственных культур в процессе ее трансформации в дерново-подзолистых почвах / Е.Н. Богатырева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – №1. – С. 70-81.
6. Серая, Т.М. Органика воздваста сторицей / Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – №4. – С. 49-52.
7. Серая, Т.М. Агроэканамічная эфектыўнасць воздзелвання кукурузы па салеме ячменна на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т.М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – №1(52). – С. 257-267.
8. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. – Днепрпетровск, 1980. – 54 с.
9. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 155 с.

ECONOMIC EFFICIENCY OF FERTILIZERS APPLICATION IN THE SECOND CULTIVATION OF MAIZE

G.N. Kurkina, D.N. Volodzhin, N. L. Kholodinskaya

Economic and agronomic efficiency of the application of mineral fertilizers and straw in the second planting of maize was studied on cohesive sandy-loam soil with the increased content of phosphorus and potassium in 2018-2020. It is established that when 60 t/ha of cattle stable manure is applied during the first year, a high yield and the lowest cost of 1 t of grain or feed units is provided by the variant of harvesting maize for grain, followed by a straw plowdown and applying 30 kg/ha of nitrogen, and 45 kg/ha of potassium during pre-sowing cultivation during the following year, and applying 60 kg/ha of nitrogen in the form of urea at the 6-7 leaves stage. Against the background without maize straw, when the crop is harvested for silage, this variant is also the best, but the net income in this case is lower by 70.5-89.9 rubles/ha.

УДК 631.8:633.2: 539.1.04

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДА ^{137}Cs В ЗЕЛЕНУЮ МАССУ СОРГОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЙ

Н.В. Кристова младший научный сотрудник
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель
(Поступила 31.03.2021)

Рецензент: Надточаев Н.Ф., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Представлены коэффициенты перехода (K_n) ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида, суданской травы, возделываемых на дерново-подзолистой супесчаной почве, при применении разной системы удобрений. Определено, что внесение фосфорно-калийных удобрений способствовало снижению K_n ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного на 21-25 %, сорго-суданкового гибрида – на 17-22 %, суданской травы – на 10-16 %. При внесении полного минерального удобрения в посевах сорго сахарного и сор-

го-суданкового гибрида наименьшие K_p ^{137}Cs в зеленую массу наблюдались при системе удобрений $N_{70}P_{60}K_{100}$ и $N_{90}P_{60}K_{100}$, суданской травы – в вариантах $N_{70}P_{40}K_{80}$ и $N_{90}P_{60}K_{100}$.

Одним из долгоживущих радионуклидов, нормируемых при оценке качества кормов на территории радиоактивного загрязнения, является ^{137}Cs . В настоящее время данным радионуклидом загрязнено 848 тыс. га (11,5 %) сельскохозяйственных земель Беларуси. Основное количество сельхозугодий занято под культурами, используемыми на кормовые цели. Удельная активность ^{137}Cs в зеленой массе кормовых культур не должна превышать 165 Бк/кг для скормливания лактирующим коровам и получения молока цельного, 600 Бк/кг для скормливания лактирующим коровам и получения молока-сырья на переработку и 240 Бк/кг для скормливания мясному скоту на заключительной стадии откорма [1].

Изменение климата, проявляющееся в повышении среднегодовой температуры воздуха, увеличении количества засушливых периодов обуславливает поиск культур, способных в данных условиях обеспечить животноводство качественными кормами. В качестве таких культур рассматриваются сорговые культуры: сорго сахарное, суданская трава и сорго-суданковый гибрид (ССГ). Данные культуры характеризуются высокой устойчивостью к неблагоприятным погодным условиям и высокой продуктивностью. При соблюдении технологических приемов возделывания урожайность зеленой массы сорговых культур достигает 700 ц/га и более, обеспечивая высокое качество корма [2, 3].

Ведение сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения предусматривает выполнение прогнозных расчетов удельной активности радионуклидов в продукции. При прогнозировании используется коэффициент перехода (K_p) – отношение удельной активности радионуклида в продукции к плотности радиоактивного загрязнения почвы. Значения K_p специфичны для каждой культуры и в большой степени зависят от агротехники возделывания.

Основным агрохимическим приемом, снижающим поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры, является внесение калийных удобрений, при котором наблюдается «антагонизм» ионов цезия и калия. Влияние калийных удобрений на переход ^{137}Cs в растения проявляется при обеспеченности почвы подвижным калием до уровня 240-260 мг/кг почвы [4]. Наиболее интенсивное снижение поступления радионуклида в продукцию отмечается при внесении минеральных удобрений в соотношении, отвечающем потребностям растений под планируемый урожай.

Оптимизация системы удобрений при возделывании сорговых культур на территории радиоактивного загрязнения позволит получить нормативно чистые корма и, как следствие, продукцию животноводства в соответствии с нормативными требованиями по содержанию радионуклидов.

Условия и методика проведения исследований. Полевой опыт по изучению закономерностей изменения коэффициентов перехода ^{137}Cs в продукцию

сорговых культур заложен на дерново-подзолистой супесчаной почве, характеризующейся среднекислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 4,8 ед.), недостаточным содержанием гумуса (1,7 %), средним содержанием K_2O (169 мг/кг) и высоким содержанием P_2O_5 (341 мг/кг). Экспериментальный участок был расположен на территории, которая относится к зоне с периодическим радиационным контролем, где плотность загрязнения почв ^{137}Cs находится в диапазоне 37-185 кБк/м² (1-5 Ки/км²).

Агрохимические показатели почвы определялись по соответствующим методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО [5]; pH_{KCl} – потенциометрическим методом [6]; подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову [7]. Удельную активность ^{137}Cs в пахотном горизонте почвы определяли в полевых условиях методом *in situ* спектрометром МКС-АТ6101ДР (производство НПОУП «АТОМТЕХ»). Определение удельной активности ^{137}Cs в зеленой массе сорговых культур – на гамма-спектрометрическом комплексе Canberra. Коэффициент перехода (Кп) ^{137}Cs рассчитывался как отношение удельной активности радионуклида в растении (Бк/кг) к плотности загрязнения почвы радионуклидом (кБк/м²).

В исследовании находились следующие сорговые культуры: сорго сахарное *Порумбень 4*, сорго-суданковый гибрид *Почин 80* и суданская трава *Сара-товская 118*.

Схема эксперимента включала 13 вариантов: контроль, $\text{P}_{40}\text{K}_{80}$, $\text{P}_{40}\text{K}_{100}$, $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$, $\text{P}_{60}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$; $\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{40}\text{K}_{100}$; $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{80}$; $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$. Повторность опыта – трехкратная. Изучалось влияние различных доз калия, как аналога ^{137}Cs , на разных фонах внесения фосфора, а также влияние азота при различном фосфорно-калийном соотношении.

Результаты исследований. Удельная активность ^{137}Cs в растительных образцах исследуемых сорговых культур не превышала 20 Бк/кг и была пригодна для кормления крупного рогатого скота для получения цельного молока.

В варианте без внесения удобрений среднее за три года исследований значение коэффициента перехода (Кп) ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного находится на уровне 68,4 Бк/кг:кБк/м² * 10^{-3} (рисунок). В зеленую массу ССГ значение Кп ^{137}Cs ниже на 5 %, суданской травы меньше на 7 %, чем в продукциях сорго и на 2 % меньше, чем в ССГ.

Внесение минеральных удобрений позволяет существенно снизить Кп ^{137}Cs в зеленую массу сорговых культур (таблица). Так, внесение фосфорно-калийных удобрений обеспечило уменьшение Кп ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного в зависимости от дозы внесения на 21-25 %, ССГ на 17-22 %, суданской травы на 10-16 %. Эффективность внесения фосфорно-калийных удобрений в посевах сорго и ССГ значительно выше, чем суданской травы.

При увеличении дозы калия с 80 до 100 кг/га д.в. Кп ^{137}Cs в зеленую массу сорговых культур снизился на 5-6 % на фоне P_{40} . На фоне P_{60} увеличение дозы калия с 80 до 100 кг/га д.в. способствовало уменьшению Кп ^{137}Cs в зеленую массу сорго и ССГ около 5%, а суданской травы всего на 1 %.

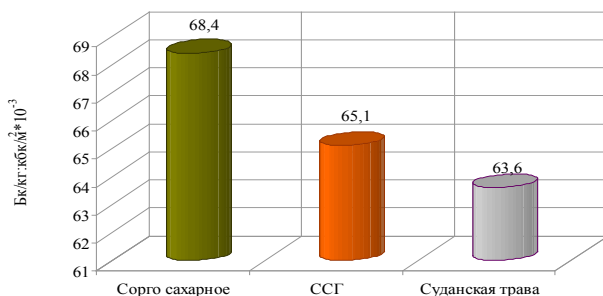


Рисунок – Различия в накоплении ¹³⁷Cs в зеленой массе сорговых культур (без удобрений)

Таблица – Влияние системы удобрений на значения Кп ¹³⁷Cs в зеленую массу сорговых культур, Бк/кг:кБк/м² * 10⁻³

Система удобрений	Сорго сахарное	Сорго-суданковый гибрид	Суданская трава
Контроль	68,4	65,1	63,6
P ₄₀ K ₈₀	54,6	53,8	57,1
P ₄₀ K ₁₀₀	51,1	51,2	53,6
P ₆₀ K ₈₀	53,8	53,3	55,5
P ₆₀ K ₁₀₀	51,0	51,0	54,9
N ₇₀ P ₄₀ K ₈₀	55,1	53,8	53,1
N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	57,0	55,9	56,9
N ₇₀ P ₄₀ K ₁₀₀	53,5	51,5	55,9
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	53,2	51,5	54,4
N ₇₀ P ₆₀ K ₈₀	53,8	52,1	56,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀	56,5	54,6	58,0
N ₇₀ P ₆₀ K ₁₀₀	52,4	50,8	56,7
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀	52,2	44,6	53,9
HCP _{0,5}	1,1	1,2	1,5

Использование азотных удобрений является одним из обязательных условий получения высоких урожаев, однако их применение на загрязненных радионуклидами почвах может увеличивать поступление ¹³⁷Cs в растения [8].

В нашем эксперименте установлено, что в среднем за три года достоверное увеличение Кп ¹³⁷Cs в зеленую массу сорго сахарного наблюдалось при внесении азота в дозе 90 кг/га д.в. на фонах P₄₀K₈₀ и P₆₀K₈₀. На фонах P₄₀K₁₀₀ и P₆₀K₁₀₀ отмечен рост Кп ¹³⁷Cs при внесении как N₇₀, так и N₉₀.

Существенное увеличение Кп радионуклида в зеленую массу ССГ наблюдалось при использовании N₉₀ по сравнению с N₇₀ на фонах P₄₀K₈₀ и P₆₀K₈₀. При этом внесение азотных удобрений в посевах ССГ не привело к увеличению параметров перехода радионуклида при применении полного минерального удобрения с дозой K₁₀₀.

Увеличение дозы азота с 70 до 90 кг/га д.в. на фонах $P_{40}K_{80}$ и $P_{60}K_{80}$ способствовало достоверному росту Кп ^{137}Cs в продукцию суданской травы. Внесение N_{70} на фоне $P_{40}K_{100}$ в посевах культуры привело к росту коэффициента перехода радионуклида на $2,3 \text{ Бк/кг:кБк/м}^2 \cdot 10^{-3}$.

Таким образом, влияние азота на параметры перехода ^{137}Cs изменяется при разном соотношении фосфора и калия и азота и калия в составе удобрений. При анализе средних данных за трехлетний период исследований прослеживалась сильная связь между Кп ^{137}Cs из почвы в зеленую массу сорго и суданской травы и соотношением азота с калием. Корреляционная зависимость между анализируемыми показателями описывалась квадратичными уравнениями с полиномиальной линией тренда ($R^2=0,74$ для сорго сахарного, $R^2=0,70$ для суданской травы). Наименьшее поступление радионуклида в сорго наблюдалось при азотно-калийном соотношении в диапазоне с 0,7-0,9 ($N_{70} : K_{80}$, $N_{70} : K_{100}$, $N_{90} : K_{100}$). Можно предположить, что при более широком диапазоне (более 0,9) отмечается калийный дефицит и ослабление дискриминации ^{137}Cs по отношению к калию при поступлении его из почвы в растения. При этом наблюдался рост Кп ^{137}Cs в зеленую массу на 7-8 %. Применение фосфорного удобрения в дозе 60 кг/га д.в. в посевах сорго сахарного по сравнению с P_{40} позволило снизить рост Кп ^{137}Cs при внесении азотных удобрений.

Наименьшее поступление ^{137}Cs в суданскую траву наблюдалось при азотно-калийном соотношении 0,9 ($N_{70} : K_{80}$, $N_{90} : K_{100}$). При уменьшении азотно-калийного соотношения до 0,7 наблюдался рост значений Кп радионуклида на 5 % на фоне P_{40} и всего на 1 % на фоне P_{60} . Наиболее высокие Кп ^{137}Cs для суданской травы отмечены в вариантах с соотношением $N : K$ 1,1 ($N_{90} : K_{80}$). При более узком соотношении (0,9) происходит снижение Кп на 4 % на фоне P_{40} и на 7 % на фоне P_{60} .

Выше описываемая корреляционная связь для сорго-суданкового гибрида менее выражена ($R^2=0,4$). При азотно-калийном соотношении в диапазоне 0,7-0,9 Кп ^{137}Cs из почвы в зеленую массу сорго-суданкового гибрида изменялся от 44,6 до 53,9 Бк/кг:кБк/м²·10⁻³. При азотно-калийном соотношении в диапазоне свыше 0,9 Кп ^{137}Cs возрастает. Рост параметра перехода ^{137}Cs происходит примерно на 9 % при P_{40} и на 22 % при P_{60} .

В целом при внесении полного минерального удобрения в посевах сорго сахарного и сорго-суданкового гибрида наименьшие Кп ^{137}Cs в зеленую массу наблюдались при системе удобрений $N_{70}P_{60}K_{100}$ и $N_{90}P_{60}K_{100}$, суданской травы – в вариантах $N_{70}P_{40}K_{80}$ и $N_{90}P_{60}K_{100}$.

Выводы

Внесение минеральных удобрений существенно снижает коэффициенты перехода ^{137}Cs в зеленую массу сорговых культур. Внесение фосфорно-калийных удобрений в дозах $P_{40}K_{80}$, $P_{40}K_{100}$, $P_{60}K_{80}$, $P_{60}K_{100}$ способствовало снижению коэффициента перехода ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного на 21-25 %, сорго-суданкового гибрида на 17-22 %, суданской травы на 10-16 %. Увеличение дозы калия в составе фосфорно-калийных удобрений с 80 до 100 кг/га

д.в. Кп ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного и сорго-суданкового гибрида снижается в среднем на 5 %.

Внесение полного минерального удобрения с соотношением азота и калия более 0,9 способствует увеличению параметров перехода ^{137}Cs в зеленую массу сорговых культур. Наименьшее Кп ^{137}Cs в зеленую массу сорго сахарного и сорго-суданкового гибрида наблюдались при системе удобрений $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ и $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$, суданской травы – в вариантах $\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$ и $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$.

Литература

1. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012-2016 годы / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС МЧС РБ, М-во с.-х. и прод. Респ. Беларусь. – Минск, 2012. – 122 с.
2. Седукова, Г.В. Влияние системы удобрений на урожайность зелёной массы сорго-суданкового гибрида / Г.В. Седукова, Н.В. Крстова, // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2020. – Вып. 56. – С. 139-144.
3. Шестак, Н.М. Продуктивность и основные приемы возделывания сорго сахарного в южной части Беларуси: автореф. дис. канд.с.-х. наук: 06.01.09 / Н.М. Шестак; РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – Жодино, 2019. – 20с.
4. Богдевич, И.М. Урожай и поступление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственные культуры в зависимости от доз калийных удобрений / И.М. Богдевич // Почвенные исследования и применение удобрений. – 2003. – № 27. – С. 158-168.
5. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212-91. – Введ. 01.07.93. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
6. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483-85. – Введ. 01.07.86. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.
7. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207-91. – Введ. 01.07.93. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
8. Евсеев, Е.Б. Определение влияния применения минеральных удобрений на накопление цезия-137 многолетними среднеспелыми злаковыми травами на антропогенно-преобразованной торфяной почве / Е.Б. Евсеев, В.С. Филипенко // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук : навучна-практычны журнал. – 2016. – № 2. – С. 39-46.

CHANGES OF THE PARAMETERS OF ^{137}Cs TRANSFER TO GREEN MASS OF SORGHUM CROPS WITH DIFFERENT FERTILIZER SYSTEMS

N. V. Kristova

The paper presents the transfer factors (TF) of ^{137}Cs to green mass of sugar sorghum, sorghum-Sudan hybrid, Sudan grass cultivated on sod-podzolic sandy loam soil with the application of different fertilizer systems. It's established that the application of phosphorus-potassium fertilizers contributes to the decrease of TF of ^{137}Cs to green mass of sugar sorghum by 21-26%, sorghum-Sudan hybrid by 17-22%, Sudan grass by 10-16%. When applying mineral fertilizers to sugar sorghum and sorghum-Sudan hybrid, the lowest TF of ^{137}Cs to green mass is observed with the following fertilizer system: $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ and $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$, Sudan grass – in the variants $\text{N}_{70}\text{P}_{40}\text{K}_{80}$ and $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$.

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

ВЫРАЩИВАНИЕ СЕМЯН ГИБРИДОВ F_1 ОЗИМОЙ РЖИ

*Э.П.Урбан, доктор с.-х. наук, С.И.Гордей, кандидат биологических наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 24.03.2021)*

Рецензент: Бушневич В.Н., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье изложено состояние селекции гибридов F_1 озимой ржи в Беларуси и особенности их внедрения. Представлены способы получения семян F_1 линейно-популяционных гибридов, показаны риски и потери урожайности при выращивании гибридов озимой ржи в поколении F_2 .

В связи с растущим уровнем интенсификации сельскохозяйственного производства ставится задача по созданию сортов и гибридов озимой ржи, которые имели бы высокую и стабильную продуктивность и генетическую защиту от неблагоприятных условий внешней среды. Исходя из современных требований, нами разработана стратегия селекции озимой ржи. В селекционных исследованиях предусматривается скрининг мирового генофонда, выделение источников и создание доноров селекционно-ценных признаков, использование методов экспериментальной полиплоидии, гибридизации, целенаправленное формирование сложных гибридных популяций, выведение гетерозисных гибридов F_1 на основе ЦМС. Программой исследований предусматривается создание новых сортов с более широким спектром адаптивности, повышенной устойчивостью к наиболее опасным болезням, вредителям, полеганию, абиотическим стрессам. Только в этом случае потенциальную продуктивность созданных сортов и гибридов удастся реализовать более полно [1].

В системе адаптивной селекции методы создания гетерозисных гибридов заслуживают особого внимания. Гибриды F_1 в силу своей гетерозиготности имеют, как правило, более высокий экологический гомеостаз, что ведет к стабильности урожая. Получение селекционно-ценных инцухт-линий и системы ЦМС на основе разнообразного материала дает возможность более эффективно использовать генетический потенциал сортовых популяций, создает предпосылки для повышения урожайности озимой ржи на 10-15 % и генетической защиты ее от воздействия неблагоприятных условий среды. Окупаемость затрат по гетерозисной селекции идет не только за счет прибавки урожая от эффекта гетерозиса, но и в результате увеличения отзывчивости гибридов (по сравнению с популяционными сортами) на различные приемы возделывания [2].

В последние годы в Беларуси произошло значительное обновление сортамента озимой ржи, создан ряд высокопродуктивных сортов и гибридов с укороченным стеблем, зимостойких, с повышенной устойчивостью к полеганию и прорастанию зерна на корню. В Государственный реестр сортов Республики Беларусь на 2021 г. включено 16 популяционных сортов и 25 гибридов F_1 ози-

мой ржи, из них 12 сортов и 3 гибрида F_1 селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» [3].

В процессе Государственного сортоиспытания в условиях Беларуси получена урожайность гибридов (F_1) на уровне 80-100 ц/га и выше [4]. Гибридная рожь, в последние годы приобретает все большую популярность, особенно в европейских странах – Германии, Дании. В Германии гибриды занимают около 60 % всех посевов ржи, а средняя урожайность их составляет 52,0 ц/га. В Польше при общей площади посева ржи в 1,2 млн га гибридная рожь высевается на площади только 180-200 тыс. га (15-17 %).

В Беларуси гибридная рожь в текущем году высеяна на площади около 30 тысяч гектар. Популяционные сорта диплоидной и тетраплоидной ржи белорусской селекции занимают более 90 % посевных площадей, отводимых под эту культуру в республике. Несмотря на то, что новые популяционные сорта ржи отличаются относительно высоким потенциалом урожайности (70-75 ц/га), устойчивостью к полеганию, в меньшей степени поражаются грибными болезнями, все же следует признать, что многие проблемы, касающиеся короткостебельности, зимостойкости, скороспелости, улучшения хлебопекарных и кормовых качеств, пока не решены, или решаются очень медленно. Относительно медленный прогресс в селекции сортов-популяций озимой ржи объясняется, в основном, использованием традиционных методов массового, индивидуального и семейного отборов, при которых отбираемый генотип контролируется только по материнской линии, а отцовский остается неизвестным.

По оценкам немецких исследователей, стоимость гибридных семян на 50-100 % выше стоимости семян обычных популяционных сортов. Для покрытия издержек урожайности гибридов озимой ржи должна быть выше по отношению к популяционным сортам не менее чем на 5-8 ц/га [6]. В результате совместной работы с селекционной фирмой Лохов-Петкус (Германия) в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» созданы первые экспериментальные линейно-популяционные гибриды F_1 озимой диплоидной ржи *Ло-Бел-103* и *Галинка*, которые в конкурсном сортоиспытании по урожайности превысили стандарт на 8,0-14,4 ц/га. С 2011 г. в Государственный реестр сортов нашей Республики включен первый белорусский гибридный сорт ржи *Плиса*. Новый белорусский гибрид *Белги* проходит государственное сортоиспытание.

В отличие от популяционных сортов ржи у гибрида *Белги* F_1 более высокий уровень урожайности достигается за счет использования эффекта гетерозиса в первом поколении. Высота растений 1,20-1,25 м. Характеризуется высокой устойчивостью к полеганию (8-9 баллов), зимостойкостью (85-95 %). Масса 1000 зерен 35,7-37,9 г, натура зерна – 640-695 г/л, «число падения» – 245-270 с. Гибрид озимой ржи *Белги* может возделываться для хлебопекарных и кормовых целей, а также в качестве моноорма для животных в зеленом конвейере.

Гибриды первого поколения F_1 являются продуктом скрещивания генетически отдаленных родительских инбредных линий, благодаря чему возникает гибридная сила, которая называется гетерозис, создаются предпосылки для повышения урожайности озимой ржи на 10-15 % и генетической защиты ее от

воздействия неблагоприятных условий среды. Однако в последующих поколениях (F_2 , F_3 и т. д.) из-за расщепления эффект гетерозиса теряется и, как следствие, снижается урожайность и устойчивость к неблагоприятным факторам среды и болезням.

Линейно-популяционные гибриды F_1 озимой ржи характеризуются короткостебельностью, устойчивостью к полеганию, повышенной озерненностью колоса, формируют более плотный стеблестой к моменту уборки, что обеспечивает повышение урожайности. Однако создания высокогетерозисных гибридов озимой ржи еще не достаточно для внедрения их в производство. В значительной мере это зависит от стоимости семян гибридных сортов.

Стоимость 1 т семян гибридов немецкой селекции составляет в пределах 1400-1500 евро (3,0-3,3 тыс. белорусских рублей), в то время как стоимость оригинальных семян питомников размножения популяционных сортов озимой ржи белорусской селекции (*Офелия*, *Голубка*, *Павлинка*, *Пламя*, *Пралеска*, *Вердена* и др.) составляет 1,1 тыс. рублей. Это в 3 раза дешевле, а стоимость элитных семян популяционных сортов в 4-5 раз дешевле. При этом указанные сорта можно возделывать в производстве 4-5 лет, а гибриды F_1 только 1 год.

Многолетние исследования, проведенные с гибридами озимой ржи в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» показали, что наиболее оптимальная норма высева гибридов для почвенно-климатических условий Беларуси составляет 3,0-3,5 млн штук всхожих семян на 1 га (115-130 кг/га). Так как стоимость семенного материала гибридов ржи немецкой селекции составляет около 50-60 € за одну посевную единицу (одна посевная единица насчитывает 1,0 млн штук всхожих семян), то для покрытия разницы стоимости семян необходимо получить прибавку урожая не ниже 10 ц/га.

Семеноводство гибридов ржи включает ряд питомников, требующих строгой пространственной изоляции не менее 1500 м не только между другими посевами ржи, но и между питомниками семеноводства.

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» разработана схема получения гибридных семян озимой ржи в соответствующих питомниках.

Питомник поддержания материнских МС компонентов. Основные задачи питомника:

- поддержание МС-форм в чистом виде;
- самоопыление закрепителей стерильности;
- выявление и удаление фертильных растений среди МС-аналогов.

Посев в питомнике проводится селекционной кассетной сеялкой или вручную двухстрочным способом: один ряд – МС-форма, следующий ряд – закрепитель стерильности (ЗС). Расстояние между рядами 30 см, в ряду между растениями 10-15 см. Разреженный посев способствует повышению продуктивной кустистости растений, а также позволяет своевременно выявить и удалить фертильные генотипы среди МС-аналогов, подобрать наиболее продуктивное растение для парных скрещиваний.

В питомнике проводятся парные скрещивания мужски стерильных аналогов с закрепителями стерильности по отдельным растениям: одно растение МС-аналога и одно растение закрепителя стерильности. Для обеспечения достаточного количества семян изолируются 2000-2500 пар растений, но не менее 1000.

Питомники размножения МС компонентов. Первый и второй циклы размножения проводятся на изолированных участках широкополосным методом селекционной сеялкой поделяночно в соотношении 3:1 (на 3 делянки материнской формы высевается одна отцовская). Основной вид работ при размножении материнского компонента – выявление и удаление до цветения фертильных растений.

Размножение МС компонентов в третьем цикле проводится в больших объемах по сравнению с предыдущими циклами. Посев производится широкополосным способом по схеме 25-30 м (МС-аналога) и 3,0-3,5 м (закрепителя стерильности). Направление посева выбирается с учетом «розы ветров».

Получение гибридных семян проводится методом посева смеси семян, состоящей из 90 % материнского МС компонента и 10 % отцовского компонента (популяционный сорт – восстановитель фертильности). Посев проводится узкорядным способом с нормой высева 3-3,5 млн всхожих семян на 1 гектар (130-150 кг/га).

Расчеты показывают, что практическая реализация указанной схемы позволяет на пятый год довести посевные площади семенных участков гибридной ржи до 200-250 га, что обеспечит получение гибридных семян в количестве 1,1-1,5 тысяч тонн для посева на площади 6000 га (таблица).

Производство зерна гибридной ржи в настоящее время не сдерживают биологические и экономические проблемы. Трудности ее внедрения в производство носят чисто организационный характер.

Целесообразно ли выращивание гибридной ржи поколения F_2 ? В литературе имеется много публикаций по использованию семян F_2 на различных культурах. Так, Сервантес Мартинес и Кастильо Торрес в Северо-Восточной Мексике (2005) установили, что урожайность F_2 ярового рапса гибрида *Hyola 401* была на 22 % меньше по сравнению с посевом сертифицированными семенами F_1 . В опытах Гильен Портал с соавт. (2002) урожайность F_2 мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) была также на 22 % ниже по сравнению с F_1 .

Вальдивия-Берналь и Видал-Мартинез (1995) показали, что использование F_2 по сравнению с F_1 не может быть рекомендовано для кукурузы (*Zea mays* L.), так как в их опытах в Мексике падение урожайности составило 45,3 %. В Польше исследователями Лапинским и Стояловским (1999) выявлено, что снижение урожайности при использовании F_2 гибрида ржи наблюдалось в пределах 14 % [5].

В ООО «Яворское» (Харьковская обл.) на высокоплодородных черноземных почвах урожайность F_1 гибридной ржи *Пикассо* селекции КВС составила 60, а F_2 35 ц/га, то есть на 25 ц/га или на 41,7 % ниже по сравнению с F_1 .

В течение 2010-2012 гг. компания «КВС Лохов» провела более 20 опытов по испытанию гибрида *Палаццо*. Снижение урожайности составило от 12 до

Таблица – Схема получения семян линейно-популяционных гибридов F₁ озимой диплоидной ржи в питомниках семеноводства

Год	Наименование питомника	Число пар скрещиваний; площадь	Урожайность семян	Валовой сбор семян, кг	Страховой фонд, кг	Использование для посева	Норма высева, кг/га
Институт земледелия и селекции							
1	Питомник поддержания материнских МС компонентов	2,0-2,5 тыс. пар	3,5-5,0 г/раст	7,0	3,5	3,5	80-100
2	Размножение МС компонентов (1 цикл)	0,035 га	35-40 ц/га	122,0	61,0	61,0	80-100
3	Размножение МС компонентов (2 цикл)	0,61 га	35-40 ц/га	220,0	110,0	110,0	80-100
4	Размножение МС компонентов (3 цикл)	11,3 га	35-40 ц/га	40000,0	4000,0	36000,0	130-150
Экспериментальные базы, областные опытные станции							
5	Получение гибридных семян (♀ 90 : ♂ 10)	240 га	45-50 ц/га	1100 т	100 т	1000 т	150-170
Сельскохозяйственные предприятия							
6	Производственный посев гибридов	6000 га	60-70 ц/га	36000 т	Реализация		

32 % в зависимости от места и года проведения исследований. В основном наблюдалось падение урожайности на 18-20 %.

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в течение 2006-2008 гг. проводились исследования по пересеву гибрида белорусской селекции *Лобел 103* на репродукцию F₃. Установлено, что урожайность в среднем за 3 года исследований составила: в поколении F₁ 73,4 ц/га, в поколении F₂ – 58,8 ц/га, то есть на 14,6 ц/га ниже.

В 2018 г. в производственном опыте ОАО «Александрийское» Шкловского района на площади 52 гектара испытывались отечественный популяционный сорт озимой ржи *Голубка* и гибрид F₁ иностранной селекции КВС *Боно* (Германия). Снижение фактической урожайности гибрида «КВС Боно» при посеве семян F₂ составило 10,3 центнера с гектара по причине снижения продуктивной кустистости, озерненности колоса, резкого увеличения поражения спорыньей из-за нехватки пыльцы во время цветения.

Как видно из результатов исследований, во всех случаях независимо от места испытания и года урожайность F₂ была ниже по сравнению с F₁. Так, в благоприятные годы падение урожайности может составить 15-20 %, а при неблагоприятных условиях оно может достигать 30-32 %. Поэтому риск потери уро-

жая, а, соответственно, и прибыли от выращивания гибридной ржи F_2 всегда есть. Не рекомендуется выращивать гибридную рожь F_2 по следующим основным причинам:

- снижение урожайности на 15-35 %;
- острый недостаток пыльцы во время цветения из-за «выщепления» большого количества мужски стерильных растений;
- риск сильного поражения гибридной ржи спорыньей (*Claviceps purpurea*);
- снижение устойчивости к другим болезням ржи;
- нарушение закона Республики Беларусь «О семеноводстве».

Выводы

1. В благоприятные годы с оптимальным количеством осадков при строгом соблюдении технологических регламентов выращивания в производственных условиях гибриды F_1 озимой ржи превышают в среднем на 15-20 % по урожайности популяционные сорта.

2. Использовать резерв повышения урожайности в условиях Беларуси важно, особенно в Гродненской, Брестской, Минской областях, где имеются весомые экономические и экологические предпосылки для возделывания гибридов F_1 озимой ржи.

3. Научно рекомендуемая площадь посева гибридов F_1 в Беларуси с учетом почвенно-климатических условий и сложившейся структуры посевных площадей должна составлять 10-12 % от посева озимой ржи (25-30 тыс. га).

4. Посев гибридов второго поколения нецелесообразен.

Литература

1. Урбан, Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания. – Минск. Беларуская навука, 2009. – 269 с.
2. Урбан, Э.П. Селекция и проблемы возделывания гетерозисных гибридов F_1 озимой ржи в Республике Беларусь / Э.П. Урбан, С.И. Гордей // Вести НАН Беларуси. Серия аграрных наук. – 2018. – Том 56. - №4. – С. 448-455.
3. Государственный реестр сортов: отв. ред. В.А. Бейня / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, УП «ИВЦ Минфина, 2020. – 269 с.
4. Результаты испытаний сортов озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных культур на хозяйственную полезность Республики Беларусь за 2014-2016 гг. – Минск, 2017.
5. Производственные риски выращивания гибридной ржи F_2 // Пропозиция - Главный журнал по вопросам агробизнеса. – в интернете: <https://propozitsiya.com/proizvodstvennye-riski-vyrashchivaniya-gibridnoy-rzhi-f2>.
6. Roggen – Getreide mit Zukunft. Herausgeber: Roggenforum e. V.– Rastatt: Verlag, 2007. – 192 p.

SEED GROWING OF WINTER RYE HYBRIDS F_1

E.P. Urban, S.I. Gordei

The paper deals with the state of breeding of winter rye hybrids F_1 in Belarus and peculiarities of their introduction. The ways of obtaining seeds F_1 of linear and population hybrids are presented, the risks and yield losses related to growing winter rye hybrids F_2 are shown.

ГЕТЕРОЗИСНАЯ СЕЛЕКЦИЯ ОЗИМОЙ РЖИ В БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЦМС И САМОФЕРТИЛЬНОСТИ

*Д.Ю. Артюх, ст. научный сотрудник, К.Г. Мельничук, М.М. Горовая,
Т.В. Ровдо, научные сотрудники, А.С. Тарануха, мл.научный сотрудник
Научно-практический Центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 20.04.2021)*

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

***Аннотация.** В статье изложены основные результаты изучения коллекции ЦМС-форм, самофертильных линий и популяционных сортов озимой ржи в процессе создания высокоурожайных гибридов F_1 . Выделены 30 лучших генотипов с высокой степенью ОКС. Определены их морфологические и хозяйственно-ценные признаки. Проведены парные скрещивания 10 МС-тестеров с 30 выделенными инцухт-линиями и 4 популяционными сортами. Получено 340 гибридных комбинаций. Выделены 8 межлинейных и 12 линейно-популяционных комбинаций, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков. Их родительские компоненты будут пригодны для создания новых высокоурожайных гибридов F_1 .*

Озимая рожь – традиционная и одна из наиболее распространенных зерновых культур в Беларуси. Однако в Беларуси, как и во всем мире, несмотря на заметный рост урожайности, наблюдается сокращение посевных площадей, занимаемых под озимую рожь. На долю озимой ржи приходится до 15 % пашни, отводимой под возделывание зерновых и зернобобовых культур в республике, от 8 до 12 % в валовых сборах и государственных заготовках зерновых и зернобобовых. Рожь успешно произрастает на низкоплодородных песчаных, супесчаных, малопригодных дерново-подзолистых кислых почвах, доля которых в Республике Беларусь составляет около 50 % [1].

Использование эффекта гетерозиса является наиболее перспективным направлением дальнейшего повышения урожайности озимой ржи. Озимая рожь является единственной зерновой культурой, для которой использование эффекта гетерозиса в практической селекции достигло значительных успехов. Биология цветения и открытие ряда типов ЦМС позволило разработать эффективные технологии создания гибридных сортов. До конца прошлого века все известные коммерческие гибридные сорта были созданы на генетической основе ЦМС Р-типа (Пампа). В 2000 г. в ФРГ зарегистрирован первый линейно-популяционный гибридный сорт ржи *Novus*, созданный на генетической основе ЦМС G-типа ♀ (МС-линия *Gülzower-1*) и популяционного сорта *Valet* ♂ [2]; в 2006 г. – сорт *Helvus*.

Лидирующее положение по использованию гетерозиса у ржи занимает Германия. Первый коммерческий гибрид здесь был получен в 1984 г. На 2013 г.

гетерозисные гибриды возделывались в этой стране на 60 % площадей, отводимых под озимую рожь. В Беларуси районированы немецкие гибридные сорта ржи *Пикассо*, *ЗУ Драйв*, *КВС Боно* и другие (15 сортов по состоянию на 2020 г.), которые в течение ряда лет испытаний по урожайности превышали популяционные сорта на 10-12 % [3].

Создание генетических систем ЦМС открыло реальные предпосылки для использования гетерозиса в селекции ржи. Однако производство гибридных семян имеет смысл и практическую ценность только при условии проявления у ржи высокого и стабильного гетерозиса. Из-за высокой степени самостерильности и сильной депрессии при инцукте долгие годы не удавалось успешно решить проблему получения ценных инбредных линий. Инбредная депрессия обусловлена переходом рецессивных генов в гомозиготное состояние и проявляется у ржи практически по всем признакам продуктивности [4].

В настоящее время селекция гибридной ржи включена в селекционные программы большинства научных учреждений европейских стран. Возможность использования цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) для получения гетерозисных гибридов появилась с открытием источников ЦМС: R(G)-типа и Р-типа. Созданные в последние годы гибриды F₁ озимой ржи убедительно показывают преимущество гибридной ржи в реализации генетического потенциала продуктивности ржаного растения посредством использования гетерозиса. Превышение по урожайности современных гибридов ржи над традиционными популяционными сортами достигает 15-20 % [5].

По продуктивности и другим полезным признакам гибриды превышают сорта-популяции за счет гетерозиса при скрещивании инцухт-линий. Гетерозисные гибриды обладают более высоким генетическим потенциалом адаптивности, устойчивости к болезням, качества зерна и стабильной урожайности. Рядом исследователей установлено, что использование гибридных сортов экономически оправдано уже при 10 %-ном уровне конкурсного гетерозиса [6].

Для повышения эффективности практической селекции гибридной ржи актуальной проблемой является подбор родительских компонентов по восстанавливающей и закрепляющей способности и по степени их генетической дивергентности. На настоящий момент не установлено, какое генетическое расстояние приводит к наибольшему уровню гетерозиса, и испытание по потомству остается единственным надежным методом подбора родителей гибридов.

Компонентами гибридов являются высокопродуктивные самоопыленные линии, полученные путем инцухта, и их стерильные аналоги, созданные с помощью беккроссных скрещиваний фертильной линии с ЦМС формой.

Учитывая, что последующее использование полученного зерна любого гибридного сорта на семенные цели недопустимо, возделывание импортных сортов для нашей республики низкорентабельно. В связи с этим создание собственных гибридных сортов ржи с использованием местных высокоадаптивных к почвенно-климатическим условиям Беларуси популяций является весьма актуальным направлением селекции ржи.

В течение последних 15-20 лет в республике развернуты исследования по генетике и селекции гетерозисных гибридов озимой диплоидной ржи. Основным результатом работы явилось включение в Государственный реестр сортов Республики Беларусь совместных немецко-белорусских гибридных сортов *Лобел-103* (2006), *Галинка* (2007), собственного сорта *Плиса* (2010) и передача в Государственное испытание в 2019 г. гибрида *F₁ Белги* [7].

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» создана коллекция исходного материала (инцухт-линии, мужски стерильные компоненты, линии закрепители стерильности и восстановители фертильности) для последующей работы по созданию новых гетерозисных гибридов *F₁* озимой ржи. Целью исследований является создание и поддержание генофонда систем ЦМС с высокими СКС, ОКС материнских компонентов гибридных сортов и получение высокогетерозисных (15-20 %) гибридных сортов озимой диплоидной ржи универсального использования с высокой урожайностью и эффектом конкурсного гетерозиса 15-20 %.

Материал и методика проведения исследований. В качестве объектов исследований используются популяции, сорта, сортообразцы, инцухт-линии, мужски стерильные линии (Р-тип, G-тип) озимой диплоидной ржи. Цитоплазматическую мужскую стерильность (ЦМС) используют в качестве биологического способа кастрации материнских растений при контролируемых скрещиваниях для получения гибридных семян. На основе ЦМС создается соответствующая генетическая система, состоящая из стерильного аналога материнского компонента скрещивания, закрепителя стерильности (для поддержания и размножения стерильного аналога), восстановителя фертильности – отцовского компонента.

Для изучения, поддержания и размножения коллекции самоопыленных линий (*I₁₋₉*) в 2018-2020 гг. закладывали питомники поликросса согласно общепринятой методике, главным условием соблюдения которой было равноправное опыление всех инцухт-линий. Под урожай 2020 г. был заложен питомник микроиспытания (по типу контрольного питомника, площадь делянки 1 м²), включающий 202 инцухт-линии и 10 МС-тестеров (рисунок 1).

Фертильность пыльцы линий оценивалась по степени развития, размерам пыльников и «облаку пыльцы». Для выделения материнских и отцовских компонентов изучена фертильность пыльцы у экспериментальных гибридов *F₁* от скрещиваний мс-тестеров с новыми инцухт-линиями.

При производстве гибридных семян на основе ЦМС отцовский компонент скрещивания должен максимально восстанавливать фертильность гибридов *F₁*. Ранее нами было установлено, что для ЦМС типа Пампа характерна низкая частота генов восстановления фертильности (не более 5 %) в популяциях ржи, а для ЦМС G-типа проблематично выявление закрепителей стерильности, что приводит к необходимости получения и изучение большого количества инцухт-линий при создании селекционно-ценных систем ЦМС [8].

Повышению эффективности гибридизации может способствовать использование в скрещивании родительских форм с высокой комбинационной спо-



Рисунок 1 – Питомник поддержания и размножения инцухт-линий (I_{1-9}), проведение изоляции, парных скрещиваний и изучение гибридов F_1 ржи (2020 г.)

собностью. Поэтому изучение исходного материала в этом отношении – важный и необходимый этап селекционного процесса. Наиболее эффективный путь определения комбинационной способности – изучение урожайности и других свойств гибридов, созданных при участии линий (сортов), которые используются.

Общая комбинационная способность (ОКС) передает среднюю ценность сорта (линии) в гибридных комбинациях и измеряется величиной отклонения признака у всех гибридов с участием этой родительской формы от общего среднего (по всем гибридам). Термин специфической комбинационной способности (СКС) используют для характеристики отдельных комбинаций, когда они оказываются хуже или лучше, чем предполагалось, на основе среднего качества изучаемых родительских форм. ОКС определяется аддитивными эффектами генов, а СКС – эффектами доминирующего и эпистатического взаимодействия генов [9].

Результаты исследований и их обсуждение. Получение гетерозисных гибридов F_1 озимой ржи основано на использовании в качестве родительских компонентов самофертильных линий (инцухт-линий). Однако у ржи из-за низкой самосовместимости наблюдается сильная инбредная депрессия, а гетерозис, проявляющийся при гибридизации инбредных линий, не очень высок и гетерозисные гибриды F_1 , как правило, по продуктивности ниже стандарта. Преодолеть проявление инбредной депрессии в некоторой степени удалось путем использования источников самофертильности, найденных в ряде популяций ржи. На основе таких источников в настоящее время создаются коллекции селекционно-ценных линий с высоким уровнем самосовместимости и слабым проявлением инбредной депрессии.

Использование различных источников ЦМС (Р и G-типов) позволяет значительно расширить генетическую основу исходного материала. Кроме того, независимый генетический контроль этих типов ЦМС позволяет объединять их

в одной генетической системе для получения гибридов. Подбор линий с универсальным характером действия генов, восстанавливающих фертильность и закрепляющих пыльцевую стерильность, как при Р-, так и при G-типах ЦМС, в дальнейшем может значительно упростить селекцию и семеноводство гибридных сортов при одновременном использовании обоих типов стерильности.

В результате исследований (2018-2020 гг.) были изучены коллекции ЦМС-форм (5 форм G-типа и 5 – Р-типа) и инцухт-линий (202 образца), а также 4 популяционных сортообразца, и на их основе получены гибриды F₁. Проведена оценка перезимовки опытных образцов. Исследования показали, что зимостойкость гибридов сильно зависит от зимостойкости родительских форм, участвующих в скрещивании, причем в большей степени от материнской МС-формы. Изучен уровень фертильности пыльцы у гибридов Р- и G-типов от скрещиваний МС-тестер × инцухт-линия и МС-тестер × сорт-популяция.

Согласно результатам наших исследований создание гетерозисных гибридов F₁ с использованием как ЦМС Р- и G-типа, так и современных популяционных сортов в отдельных комбинациях позволяет достичь высокого уровня восстановления фертильности пыльцы и эффекта гетерозиса по зерновой продуктивности. Проведен анализ высоты растений и элементов структуры урожая гибридов F₁ (таблица 1). Для характеристики зерновой продуктивности учитывали показатели изучаемых признаков у свободно опылявшихся колосьев. Как видно из полученных данных, показатели зерновой продуктивности гибридов достоверно выше, чем у родительских форм. Положительный эффект гетерозиса изучаемых гибридов обусловлен повышенным продуктивным стеблестоем при относительно высокой зимостойкости и высокой массой 1000 зерен. Как видно из таблицы, уровень конкурсного гетерозиса у межлинейных гибридов F₁ на основе ЦМС G-типа варьировал в пределах 19,6-199,1%, у гибридов F₁ на основе ЦМС Р-типа – 22,5-155,1%. У линейно-популяционных гибридов F₁ на основе ЦМС G-типа конкурсный гетерозис составил 33,9-172,1 %, у гибридов F₁ на основе ЦМС Р-типа 102,5-188,9 %. Из всех комбинаций скрещиваний выделены восемь межлинейных гибридов F₁, которые в 1,6-2,1 раза по урожайности превосходили контрольный сорт *Офелия*. Среди линейно-популяционных гибридов выделились 12 образцов, превышающих контроль в 1,7-1,9 раз.

В результате проведенных полевых наблюдений перед цветением растений среди 202 инцухт-линий были выделены 22 стерильные формы, степень редукции пыльников у которых составила 1-2 балла. Лучшими были формы со следующими номерами: 19, 20, 61, 76 и 155. Эти стерильные линии будут подвергнуты дополнительному молекулярно-генетическому анализу. Остальные 180 линий были фертильны (уровень фертильности составил 73,3-85,9 %). Самоопыленные линии изучены по ряду хозяйственно-полезных признаков, главными из которых являются масса зерна с колоса и фертильность колоса (таблица 2).

С применением молекулярных методов исследований в дальнейшем планируется выявить особенности экспрессии ms генов у систем ЦМС и самофертильности озимой ржи разных типов, а также у гибридов F₁. Это позволит рас-

Таблица 1 – Характеристика родительских компонентов и полученных гибридов F₁ по признакам продуктивности и уровню конкурсного гетерозиса, среднее за 2018-2020 гг.

Исследуемые формы	Количество, шт.	Варьирование признака						Уровень конкурсного гетерозиса, %
		фертильность, %	зимостойкость, %	высота растений, см	зерна с колоса	масса, г	продуктивность, г/м ²	
F ₁ (ЦМС G-тип × СФ-линия)	150	<u>3,3-94,4</u> 81,0	<u>25,1-90,0</u> 55,2	<u>65,0-145,0</u> 122,9	<u>0,63-2,51</u> 1,22	<u>21,0-39,0</u> 25,5	<u>88,9-760,7</u> 333,8	19,6-199,1
F ₁ (ЦМС Р-тип × СФ-линия)	150	<u>36,4-79,7</u> 63,1	<u>16,7-89,1</u> 57,5	<u>55,0-117,0</u> 99,0	<u>0,40-1,32</u> 0,91	<u>19,0-36,9</u> 25,4	<u>96,6-586,8</u> 256,9	22,5-155,1
F ₁ (ЦМС G-тип × популяционный сорт)	20	<u>62,1-90,1</u> 79,3	<u>50,0-91,1</u> 76,6	<u>82,1-140,8</u> 122,4	<u>0,61-1,59</u> 1,16	<u>21,5-42,7</u> 26,6	<u>146,1-649,1</u> 401,6	33,9-172,1
F ₁ (ЦМС Р-тип × популяционный сорт)	20	<u>64,1-77,3</u> 72,3	<u>71,1-90,9</u> 75,1	<u>89,9-126,3</u> 110,4	<u>0,71-1,41</u> 1,03	<u>21,0-36,5</u> 26,1	<u>411,9-714,9</u> 511,9	102,5-188,9
СФ-линии	202	<u>71,5-83,7</u> 77,6	<u>63,6-91,0</u> 80,0	<u>120,1-139,3</u> 129,8	<u>0,63-1,07</u> 0,88	<u>17,3-29,1</u> 22,1	<u>89,2-337,7</u> 218,4	
♀ (ЦМС G-типа)	5	0	<u>45,0-78,8</u> 63,8	<u>65,4-99,6</u> 94,8	<u>0,89-1,1</u> 0,95	<u>22,1-26,4</u> 23,9	<u>133,8-277,0</u> 213,8	
♀ (ЦМС Р-типа)	5	0	<u>39,0-68,1</u> 56,0	<u>57,0-85,0</u> 83,2	<u>0,51-0,9</u> 0,77	<u>21,7-25,1</u> 24,4	<u>181,5-244,1</u> 222,8	
Популяционные сортообразцы	4	<u>73,3-74,9</u> 73,6	<u>78,5-91,1</u> 88,1	<u>139,0-164,0</u> 156,2	<u>1,41-1,77</u> 1,55	<u>31,4-34,7</u> 34,1	<u>297,7-411,5</u> 363,9	
Белги F ₁	1	62,5	83,3	132,1	1,18	29,9	603,1	
Офелия, контроль	1	76,3	88,0	151,1	1,41	33,1	371,9	

Таблица 2 – Анализ самоопыленных линий озимой ржи в питомнике поликросса (2020 г.)

Исследуемые формы	Число образцов, шт.	Высота растений, см	Масса зерна с колоса, г	Длина колоса, см	Фертильность колоса, %
СФ-линии	202	129,0±7,1	1,02±0,38	7,1±1,3	77,3±6,1
♀ (ЦМС G-типа)	5	94,5±2,4	0,90±0,09	6,9±0,3	0
♀ (ЦМС Р-типа)	5	83,6±2,8	0,74±0,12	6,6±0,4	0
Белги, контроль	1	142,1±3,8	1,17±0,19	8,5±1,3	62,2±5,4

крыть ряд механизмов взаимодействия генов мужской стерильности и самофертильности, усовершенствовать методы создания генетических систем ЦМС и гетерозисных гибридов F₁, определить приоритетность того или другого типа ЦМС для практической селекции гибридных сортов ржи.

На основании результатов изучения новых инцухт-линий выделено 30 селекционно-ценных форм, характеризующихся средней и высокой степенью комбинационной способности – от 105,1 до 122,3 %, обеспечивающих высокий уровень проявления эффекта гетерозиса у гибридов F₁. (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика отдельных инбредных линий в питомнике поликросса (среднее за 2018-2020 гг.)

Название линии	Урожайность, г/м.п.	ОКС	Название линии	Урожайность, г/м.п.	ОКС
In-310	104,7	117,5	In-1033	107,7	120,9
In-400	99,5	111,7	In-1098	103,9	116,6
In-480	97,9	109,9	In-1273	96,8	108,6
In-578	100,2	112,5	In-1357	95,1	106,7
In-593	96,9	108,8	In-1401	105,7	118,6
In-600	102,1	114,6	In-1549	109,0	122,3
In-626	98,9	111,0	In-1698	100,9	113,2
In-648	97,6	109,5	In-1873	108,8	122,1
In-720	101,4	113,8	In-2054	103,6	116,3
In-781	102,1	114,6	In-2254	108,6	121,9
In-839	96,2	108,0	In-2285	98,1	110,1
In-872	104,1	116,8	In-2395	99,4	111,6
In-881	103,1	115,7	In-2477	102,9	115,5
In-948	95,1	106,7	In-2557	105,8	118,7
In-1006	102,0	114,5	In-2683	102,8	115,4
Средняя урожайность по образцам в питомнике				89,1	

НСР₀₅

2,5 г/м.п.

Урожайность межлинейных гибридов сильно варьировала и была в пределах 43,2-101,0 ц/га. Очень высокий уровень конкурсного гетерозиса по урожайности показали 3 межлинейных гибрида (118,0, 123,1 и 132,4 %), пять гибридов проявили средний уровень гетерозиса – 108,0-113,5 % (таблица 4), остальные

межлинейные гибриды проявили отрицательный уровень гетерозиса 63,7-92,9 %.

Таблица 4 – Хозяйственно-полезные признаки отдельных гибридов ржи (2020 г.)

Селекционный номер гибрида	Урожайность, ц/га	Устойчивость к полеганию, балл	Высота растений, см	Продуктивный стеблестой, шт./м ²	Физические показатели зерна		Уровень конкурсного гетерозиса, %
					масса 1000 зерен, г	натура зерна, г/л	
межлинейные гибриды							
Белги, к	76,3	6,5	136,8	502	30,0	705	-
30/9	77,1	7,0	150,3	615	34,2	755	101,0
84/21	77,9	6,5	140,0	608	35,2	752	102,1
80/20	69,7	8,0	138,7	532	38,0	745	91,3
64/14	82,4	8,0	136,2	712	36,2	750	108,0
66/1	86,6	7,0	145,0	726	36,4	758	113,5
71/6	101,0	5,5	140,0	756	37,1	730	132,4
72/8	78,3	5,5	140,4	635	30,6	752	102,6
76/3	84,6	7,0	147,5	709	35,7	741	110,9
77/4	90,0	7,0	145,0	740	35,2	745	118,0
79/11	82,6	8,0	148,7	680	34,5	750	108,3
82/12	83,7	8,0	145,2	692	36,2	740	109,7
67/15	93,9	8,0	132,5	726	39,5	728	123,1
линейно-популяционные гибриды							
16/1-90/1	119,7	7,5	133,3	740	36,4	740	156,9
13/2-90/1	107,3	8,5	132,0	810	34,5	730	140,6
16/2-2	107,5	8,0	130,7	888	32,6	622	140,9
3/2-2	90,0	8,0	110,0	656	40,4	689	118,0
13/1-2	77,9	8,0	125,4	576	38,5	717	102,1
14/2-2	92,5	7,5	131,4	804	30,2	715	121,2
4-2/2	85,2	8,5	108,0	626	42,4	715	111,7
6/1-2	64,9	8,5	117,6	580	38,1	725	85,1
11/3-2	102,0	7,5	135,3	920	33,4	705	133,7
11/1-2	94,8	7,5	130,8	660	35,5	710	124,2
12/3-2	95,6	7,0	142,5	622	28,1	705	125,3
36/3-2	102,2	7,0	140,0	632	36,1	720	133,9
13/2-2	80,9	8,0	127,7	760	33,6	720	106,0
41/1-2	84,3	7,5	125,4	680	35,7	705	110,5

У линейно-популяционных гибридов урожайность была в пределах 47,5-119,7 ц/га. Очень высокий уровень конкурсного гетерозиса по урожайности показали 5 линейно-популяционных гибрида (133,7, 133,9, 140,6, 140,9 и 156,9 %), 7 гибридов проявили средний уровень гетерозиса – 106,0-125,3 %, остальные линейно-популяционные гибриды проявили низкий или отрицательный уровень гетерозиса – 71,8-102,1 %

Выводы

1. В результате исследований из коллекции ЦМС-форм и самофертильных-линий выделены низкостебельные и высокоозерненные мужски стерильные формы озимой ржи (5 форм G-типа и 5 – Р-типа) и самофертильные инбредные линии (22 линии) с высоким уровнем закрепления стерильности.

2. На основании изучения коллекции 202 инбредных линий выделены 30 лучших генотипов с высокой степенью ОКС по зерновой продуктивности. Определены их морфологические и хозяйственно-ценные признаки.

3. Проведены парные скрещивания 10 МС-тестеров с 30 выделенными инцухт-линиями и 4 популяционными сортами. Получено 340 гибридных комбинаций. Выделены 8 межлинейных и 12 линейно-популяционных комбинаций, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков. Их родительские компоненты будут пригодны для создания новых высокоурожайных гибридов F₁.

Литература

1. Урбан, Э.П. Озимая рожь в Беларуси (селекция, семеноводство, технология возделывания) // Э.П. Урбан. – Минск: Беларуская навука, 2009. – 269 с.
2. Melz, G. Genetics of a male-sterile rye of „G-type“ with results of the first F₁ hybrids / G. Melz, Gu. Melz, F. Hartmann // In proc. Int. Symp. on rye breed. and gen. EUCARPIA. – 2001. – P. 43-50.
3. Государственный реестр сортов // Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2020. – 270 с.
4. Кобылянский, В.Д. Состояние селекции гибридной ржи и ее перспективы в России / В.Д. Кобылянский, Н.С. Лапиков, А.Г. Катерова // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – 2003. – № 4. – С. 6-11.
5. Geiger, H.H. Hybrid rye and Heterosis / H.H. Geiger, T. Miedaner // In: Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. – Madison, Wisconsin, USA.: Crop Sci. Soc. America, 1999. – P. 439-450.
6. Гончаренко, А.А. Селекционная оценка инбредных линий озимой ржи / А.А. Гончаренко, В.А. Трикозюк // Селекция и семеноводство. – 2004. – №1. – С. 13-17.
7. Гордей, С.И. Создание родительских компонентов и гибридного сорта озимой ржи Белги (F₁) / С.И. Гордей [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – Вып. 56. – С. 283-292.
8. Гордей, С.И. Особенности восстановления фертильности пыльцы у гетерозисных гибридов F₁ озимой ржи / С.И. Гордей, Э.П. Урбан // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – Вып. 50. – С. 305-313.
9. Турбин, Н.В. Диаллельный анализ в селекции растений / Н.В. Турбин, Л.В. Хотылева, Л.А. Тарутина. – М.: Наука и техника, 1974. – 184 с.

HETEROSIS BREEDING OF WINTER RYE IN BELARUS USING DIFFERENT CMS AND SELF-FERTILITY SYSTEMS

D. Yu. Artsiukh, K. G. Melnichuk, M. M. Gorovaya, T. V. Rovdo, A. S. Taranukho

The article presents the main results of studying the collection of CMS-forms, self-fertile lines and population varieties of winter rye in the course of creating high-yielding F₁ hybrids. The best 30 genotypes with a high degree of GCA are identified. Their morphological and economically valuable traits are established. Paired crosses of 10 MS-testers, 30 isolated inbred lines and 4 popula-

tion varieties are carried out. 340 hybrid combinations are obtained. 8 interlinear and 12 linear-population combinations with a set of economically important traits are identified. Their parent components will be suitable for the creation of new high-yielding F_1 hybrids.

УДК 635.62:631.526.32(476+25)

СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТЫКВЕННЫХ КУЛЬТУР В АРМЕНИИ

А.Э. Авакян, канд. биол. наук, **Г.Г. Саргсян**, доктор с.-х. наук, **Л.М. Тадевосян**,
канд. с.-х. наук, **Р.С. Балаян**, канд. с.-х. наук, **А.М. Пайлеванян**, канд. биол.
наук

Научный центр овощебахчевых и технических культур
Министерства экономики Республики Армения
(Поступила 30.03.2021)

Рецензент: Гриб С.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. Решение проблем продовольственной безопасности в условиях изменения климата и прогнозируемых негативных воздействий на эффективность функционирования сельскохозяйственных систем тесно связано с наличием широкого ассортимента сельскохозяйственных культур и их сортов, отвечающих требованиям современного производства и адаптированных к подверженным изменениям почвенно-климатическим условиям. Сырьевой базой для создания новых сортов и гибридов служат генетические ресурсы сельскохозяйственных культур, для сохранения которых были сформированы базовые и активные коллекции тыквенных культур, обеспечивающие их долгосрочное и среднесрочное хранение и целенаправленное использование в селекции. В ходе проведенных работ по пополнению и оптимизации семенной коллекции тыквенных культур на долгосрочное и среднесрочное хранение было заложено 389 образцов современных селекционных и местных стародавних сортов, а также селекционного материала. В результате изучения коллекционных образцов и их использования были созданы новые перспективные сорта огурца, арбуза, дыни, тыквы, кабачка и патиссона.

Природно-климатические условия Армении благоприятны для возделывания разнообразных тыквенных культур как в открытом грунте, так и в теплицах и под пленочными укрытиями. Возделываются тыквенные в Армении с давних времен, преимущественно в Араратской равнине. По показателям на 2020 г. посевные площади под тыквенными культурами занимали 5562 гектара, что составляет 22 % от общей площади овощебахчевых культур [1].

Возделываемые в Армении представители семейства тыквенных включают огурец, дыню, арбуз, тыкву и кабачок. С недавнего времени на отдельных фермерских хозяйствах выращивают и патиссон. Потребительский спрос на плоды тыквенных культур обусловлен их высокой питательной ценностью, а также диетическими и лечебными свойствами.

В условиях глобального изменения климата и его прогнозируемого негативного воздействия на сельскохозяйственный сектор страны проблема расширения ассортимента тыквенных культур, получения новых высокоурожайных, транспортабельных сортов разных сроков созревания, обладающих хорошей лежкостью плодов для продления периода потребления, приемлемых для выращивания в защищенном грунте приобретает особую актуальность. Хозяйственно-значимым признаком для увеличения производства тыквы и снижения затрат на ее выращивание является использование сортов кустового типа, а для масличной тыквы ценным признаком является также голосемянность [2].

Источником ценных генотипов для решения актуальных задач, стоящих сегодня перед селекционерами страны, является семенная коллекция. Принимая во внимание стратегическую важность сохранения генетического материала в Научном центре овощебахчевых и технических культур Министерства экономики Республики Армения была проведена работа по пополнению и оптимизации семенной коллекции тыквенных культур и обеспечению ее сохранения в условиях, отвечающих требованиям международно-принятых стандартов генных банков семян.

Методика проведения исследований. Материалом для исследований, направленных на создание семенных коллекций и использование собранного генетического материала в селекции, послужили интродуцированные и выведенные в стране сорта и гибриды, селекционные и инбредные линии, а также местные стародавние сорта некоторых тыквенных.

Процесс пополнения зародышевой плазмы, сбор, очистка и сушка семян, восстановление и размножение образцов осуществлялись согласно стандартам генных банков для генетических ресурсов растений [3]. Определение исходной всхожести семян перед закладкой на среднесрочное и долгосрочное хранение проводилась по ГОСТ 12038-84 [4]. Семенные образцы помещались в пакеты из ламинированной алюминиевой фольги толщиной 12 микрон и герметично упаковывались. Маркировка пакетов с семенами осуществлялась с применением QR-кода, включающего наименование таксона, название образца, его статус, страну происхождения и год получения. Образцы семян документировались согласно многофункциональным паспортным дескрипторам по сельскохозяйственным культурам [5]. Базовые коллекции закладывались на долгосрочное хранение при температуре $(-18)^\circ\text{C}$, а активные помещались на среднесрочное хранение при температуре $4-6^\circ\text{C}$.

Для обеспечения генетической целостности исходных образцов в процессе восстановления в открытом поле во избежание риска перекрестного опыления растения высаживали блоками, сохраняя изоляционный барьер в 1000 м между разными сортами и гибридами. Образцы с ограниченным количеством семян высевались в отдельных теплицах с полиэтиленовым покрытием с применением метода ручного опыления.

Результаты и их обсуждение. Сбор семенного материала с целью создания коллекции овощебахчевых культур был начат более 20 лет назад и постоянно велся параллельно с проводимыми селекционными работами. Однако в

виду отсутствия надлежащих условий коллекционные образцы хранились в комнатных условиях без контроля температуры и влажности, что, в свою очередь, приводило к необходимости частого пересева. С приобретением необходимого оснащения начался процесс оптимизации семенной коллекции овощебахчевых культур с формированием базовых и активных коллекций.

Согласно предварительно выработанной стратегии, в базовые коллекции тыквенных культур было включено 127 образцов, большую часть которых составили образцы дыни и огурца (рисунок 1). Наиболее малочисленна коллекция патиссона, эта культура сравнительно недавно начала возделываться в республике, и число выведенных сортов и селекционных форм на сегодняшний день ограничено. Созданные базовые коллекции тыквенных, включающие сорта армянской селекции, местные стародавние сорта, а также наиболее ценные интродуцированные и полученные в Научном центре формы, обладающие рядом важных экономически-хозяйственных признаков, служат в качестве резервного стратегического фонда.

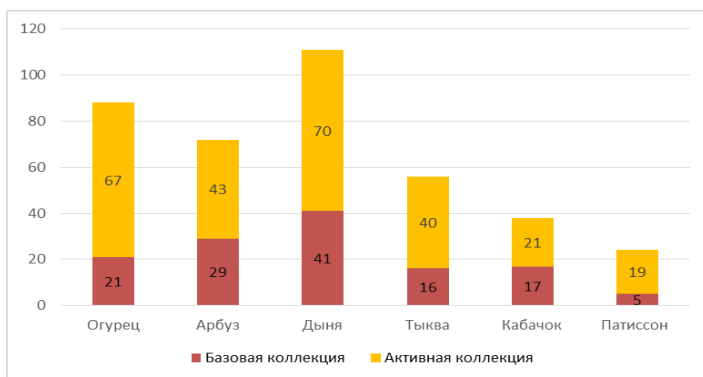


Рисунок 1 – Количество образцов тыквенных культур в базовых и активных коллекциях

В базовых коллекциях преобладают сорта армянской селекции. Так, коллекция огурца содержит исключительно сорта местной селекции (рисунок 2). Аналогичная картина отмечается и в базовых коллекциях дыни, тыквы и кабачка, в которых количество образцов сортов армянской селекции значительно превышает число зарубежных сортов. В коллекции арбуза преобладание количества сортов зарубежной селекции в базовой коллекции обоснованно широким распространением интродуцированных сортов и их возделыванием на сравнительно больших площадях.

Образцы селекционного материала (гибриды, селекционные линии, расщепляющиеся популяции, инбредные линии) в преобладающем большинстве также представлены материалом местного происхождения.

Количество образцов стародавних сортов крайне ограничено, что объясняется как их малочисленностью, так и постепенным исчезновением с полей.

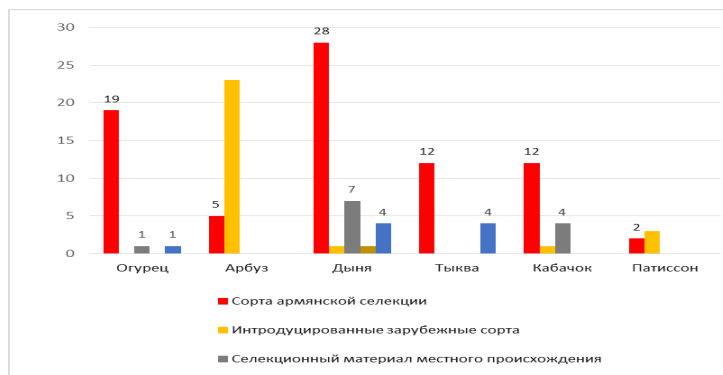


Рисунок 2 – Структура базовой коллекции тыквенных культур

Стародавние местные сорта, обладающие высокими вкусовыми качествами, устойчивостью к ряду болезней и резким флуктуациям факторов внешней среды, в настоящее время вытесняются с рынков современными высокопродуктивными сортами. Необходимо проведение работ по поиску семян стародавних местных сортов и их размножению, а также по восстановлению старых образцов, у которых в результате длительного хранения в неконтролируемых условиях существенно снизились показатели всхожести (рисунки 2, 3).

В активные коллекции тыквенных культур включены образцы, предназначенные для обеспечения селекционеров, исследователей материалом для изучения и использования в научно-селекционных и общеобразовательных программах, а также для обмена. В них, наряду с гермоплазмой местного происхождения, достаточно широко представлены сорта и селекционный материал, полученный из генетических банков других стран, Международных сельскохозяйственных исследовательских центров. Так, активная коллекция огурца представлена равным количеством сортов местной и зарубежной селекции. Сохраняемые в среднесрочном режиме образцы селекционного материала арбуза также представлены как местными формами, так и большим числом завезенных сортообразцов.

Некоторые зарубежные сорта тыквенных, несмотря на незначительное распространение, представляют определенную важность с точки зрения потенциала для нишевого рынка. Селекционный материал зарубежного происхождения характеризуется наличием экономически значимых признаков у доноров и сохраняется в целях дальнейшего изучения и использования в селекционных программах.

В целом, как и в базовых коллекциях большинство образцов активных коллекций представлено генетическим материалом местного происхождения (рисунок 2).

В Научном центре сохранились и рабочие/селекционные коллекции – краткосрочные коллекции, хранящиеся в течение короткого срока (от 1 до 3 лет

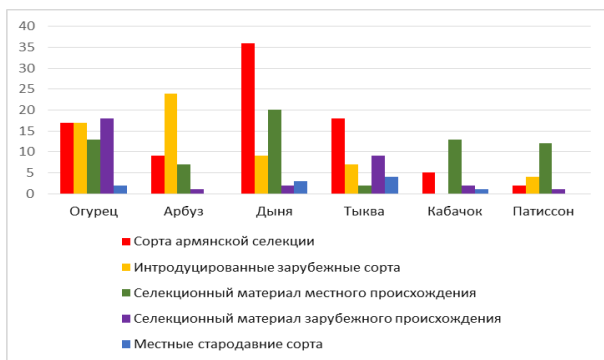


Рисунок 3 – Структура активной коллекции тыквенных культур

в зависимости от вида) в неконтролируемых условиях. На сегодняшний день они насчитывают 250 образцов тыквенных культур, большая часть которых представлена образцами арбуза (70 образцов), кабачка (47 образцов) и огурца (40 образцов). Такие коллекции предназначены для использования в селекции в ближайшее время, а также для проведения исследований по характеристике и оценке генетического материала. Часть образцов рабочих коллекций имеет низкую всхожесть или ограниченное количество семян, для них установлен график восстановления и размножения. По мере восстановления и размножения образцы рабочей коллекции будут постепенно помещены в базовую или активную, в зависимости от сортовой принадлежности образца, его хозяйственно-экономической значимости и происхождения.

Образцы семенной коллекции тыквенных постоянно изучаются и используются в селекции для выведения новых высокоурожайных сортов, обладающих высокой степенью пластичности и адаптивности к факторам экзогенной природы. В условиях изменения климата потребительский рынок выдвигает селекционерам новые требования, в частности, расширение ассортимента тыквенных культур и их сортов, продление периода потребления, возможность выращивания в условиях защищенного грунта, транспортабельность плодов. В результате изучения коллекционных образцов, вовлечения их в селекционный процесс путем многократного инкубирования, сопровождающегося строгим отбором по комплексу хозяйственно ценных признаков, были синтезированы новые перспективные сорта тыквенных культур, характеризующиеся отличными вкусовыми качествами плодов и групповой устойчивостью к возбудителям основных болезней.

Так, новые сорта арбуза (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) *Маргарит*, *Мармарик*, *Аревик* были получены в результате многостороннего изучения коллекционных образцов, принадлежащих, в основном, к русскому и американскому экотипам, с последующим отбором раннеспелых сортообразцов с высокими адаптивными и комбинационными свойствами.

Селекция дыни (*Cucumis melo* L.) направлена на создание новых сортов разных сроков созревания, высокоурожайных, устойчивых к болезням и вредителям. Используя традиционные методы селекции, выведены и внедрены в производство позднеспелый сорт *Воске гунд*, обладающий хорошими вкусовыми качествами плодов, транспортабельностью и высокой лежкостью плодов вплоть до конца декабря, и среднеспелый *Апаратян* с округлыми, сочными и сладкими плодами массой 2,5-2,8 кг и средней урожайностью 325,0-327,0 ц/га.

Новые сорта трех видов тыкв (*Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duchesne и *Cucurbita moschata* Duchesne) были получены в результате изучения сортообразцов местной и зарубежной селекции с последующим применением методов индивидуального и семейственного отбора. В числе новых сортов раннеспелый сорт *Санорик* с плодами грушевидной формы, средней массой 0,9-0,95 кг и сорт *Сем* с крупными, мясистыми семенами без кожуры и с высоким содержанием масла.

В результате изучения коллекции кабачка-цуккини (*Cucurbita pepo* L. subsp. *pepo* var. *pepo*) и патиссона (*Cucurbita pepo* L. subsp. *ovifera* (L.) D.S.Decker) и последующих многократных семейственных и индивидуальных отборов были выведены новые раннеспелые сорта кабачка – желтоплодный *Зартонк* и зеленоплодный *Адана* с относительно лежкими и транспортабельными цилиндрическими плодами со средней массой 0,27-0,31 кг, и новые сорта патиссона – белоплодный *Лиалусин* и желтоплодный *Сатен*, отличающиеся среднеспелыми плодами тарельчатой формы и средней урожайностью 245-255 ц/га.

Новые сорта огурца (*Cucumis sativus* L.) столового и консервного назначения выведены в ходе индивидуального и массового отбора интродуцированных исходных форм. Предназначенный для консервирования среднеспелый сорт *Наре* отличается цилиндрическими плодами темно-зеленого цвета с шиповидной поверхностью и средней массой 90,3 г. Среднепоздний сорт *Гайк*, который по классификации рода относится к дыне, но по качественным показателям плода к огурцам, используется, в основном, для консервирования и характеризуется светло-зелеными плодами змеевидной формы с бороздчатой поверхностью.

Таким образом, за последнее десятилетие с использованием коллекционных образцов получены и районированы 2 сорта арбуза, 3 дыни, 3 тыквы, 2 огурца, 2 кабачка и 2 сорта патиссона.

Выводы

В результате пополнения и оптимизации семенной коллекции тыквенных культур и создания коллекций долгосрочного и среднесрочного хранения обеспечено сохранение генетических ресурсов этих культур в условиях, отвечающих общепризнанным стандартам. На основе пополнения коллекций новыми образцами создана ресурсная база для получения новых сортов, отвечающих требованиям сельскохозяйственного производства. Наличие баз данных по сформированным коллекциям и применение современных методов идентифи-

кации образцов с использованием штрих и QR кодов способствует быстрому поиску необходимых образцов, содействуя тем самым расширению генетического спектра гермоплазмы, используемой в предселекционных и селекционных исследованиях.

В итоге изучения и использования генетического материала коллекций за последние десять лет ассортимент сортов тыквенных культур усилиями селекционеров Научного центра овощебахчевых и технических культур пополнился 14 новыми сортами. В ближайшее время планируются работы по улучшению управления семенными коллекциями путем с использованием программного обеспечения по управлению генетическим банком, дальнейшее пополнение коллекций для расширения спектра исходного материала для селекционных работ.

Литература

1. Sown Areas of Agricultural Crops, Planting Area of Permanent Crops, Gross Harvest and Average Crop Capacity for 2020, Statistical committee of the Republic of Armenia. – 2021. – 5 p.
2. Пискунова, Т.М. Коллекция ВИР – источник исходного материала для перспективных направлений селекции кабачка и тыквы / Т.М. Пискунова, З.Ф. Мутьева // Овощи России. – 2016. – № 3 (32). – С. 18-22.
3. Стандарты генов банков для генетических ресурсов растений для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. – ФАО: Рим, 2015. – 182 с.
4. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (ГОСТ 12038-84). – Москва, 2011. – 64 с.
5. Alercia, A., Diulgheroff, S., Mackay, M., FAO / Bioversity Multi-Crop Passport Descriptors V.2.1, FAO, 2015. – 11 p.

CONSERVATION AND UTILIZATION OF GENETIC RESOURCES OF CUCURBITACEOUS CROPS IN ARMENIA

A.E. Avagyan, G.G. Sargsyan, L.M. Tadevosyan, R.S. Balayan, A.M. Pahlevanyan

The addressing food security issues in the face of climate change and predicted adverse impacts on the efficiency of agricultural systems is closely linked to the availability of a wide range of crops and varieties that meet the requirements of modern production and are adapted to changing soil and climatic conditions. Crop genetic resources are a resource basis for the development of new varieties and hybrids; to conserve them the base and active collections of Cucurbitaceous crops were created to ensure their long-term and medium-term conservation and targeted use in breeding. In the course of the conducted work to replenish and optimize the seed collection of Cucurbitaceous crops 389 samples of modern breeding and local traditional varieties, as well as breeding material, were stored for long-term and medium-term conservation. As a result of the study of collection accessions and their use new promising varieties of cucumber, watermelon, melon, pumpkin, vegetable marrow and summer squash were created.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ РЖИ ПО ОСНОВНЫМ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

Т.В. Ровдо, научный сотрудник, Д.Ю. Артюх, ст. научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 07.04.2021)

Рецензент: Власов А.Г., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты изучения коллекционных образцов озимой ржи с целью выявления источников хозяйственно-ценных признаков (зимостойкость, урожайность, масса 1000 зерен, количество и масса зерна с колоса, высота растений, продуктивная кустистость) для дальнейшего целенаправленного использования в селекционном процессе в условиях Беларуси. Выделены и предложены в качестве потенциальных источников хозяйственно-ценных признаков озимой ржи коллекционные сортообразцы: высокоурожайные (до 1128,8 г/м²), короткостебельные (от 107,5 см до 137,5 см), с большой массой 1000 зерен (более 40 г), с высокой продуктивной кустистостью (до 8,9 шт. стеблей на растение).

Современная адаптивно-ландшафтная система земледелия немыслима без посевов озимой ржи. Эта культура не требует при своем производстве высоких затрат, менее требовательна к влаге, кислотности почвы и предшественникам, слабее поражается корневыми гнилями и фузариозом колоса. Озимая рожь – одна из наиболее засухоустойчивых хлебных культур, которая стабилизирует сбор зерна в годы с сильными летними засухами [1].

В связи с вышеизложенным, а также глобальными и локальными изменениями климата, большое значение приобретают сорта озимой ржи, способные с наименьшими потерями выдерживать действие абиотических и биотических стрессов, обеспечивая при этом стабильный урожай зерна высокого качества.

Селекционная работа по повышению уровня урожайности должна базироваться на разработке правильных подходов к подбору исходного материала. Признак «урожайность» является сложным по своей структуре. Его потенциал напрямую зависит от суммарного действия трех основных составляющих: количества продуктивных стеблей на 1 м², количества зерен в колосе и крупности зерна [2]. Оценка исходного материала опирается не только на величину урожайности в целом, но и на степень развития и совместимости отдельных элементов продуктивности растений, что во многом определяет перспективность селекционной работы [3].

Условия и методика проведения исследований. В 2018-2020 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» Смолевичского района Минской области проводили изучение и оценку 47 сортов и сортообразцов коллекции озимой ржи, представленных разными агроэкотипами, с целью выделения перспективных источников признаков для се-

лекции. Почва опытного участка дерново-подзолистая, рыхлосупесчаная, характеризуется следующими агрохимическими показателями пахотного горизонта: pH_{KCl} – 5,8-6,2, подвижный P_2O_5 – 220-260 мг/кг, обменный K_2O – 200-300 мг/кг почвы, гумус – 2,1-2,3 %.

Обработка почвы, посев и дальнейший уход осуществляли в оптимальные для озимой ржи сроки в соответствии с общепринятой для данной культуры технологией возделывания. Фосфорные и калийные удобрения ($P_{80}K_{120}$) вносились осенью под вспашку. Для химической прополки с осени использовали гербицид Алистер гранд, МД (0,6 л/га). Весной после возобновления вегетации проводилась подкормка азотными удобрениями в дозе 60 кг/га д.в. (ДК 25) + 30 кг/га д.в. в фазу начала выхода в трубку (ДК 31-32).

Оценку хозяйственно-ценных признаков коллекционных образцов озимой ржи осуществляли в полевых и лабораторных условиях. Структурный анализ урожайности проводили по следующим элементам: длина колоса, число цветков и зерен в колосе, вес зерна с колоса, масса 1000 зерен, продуктивная кустистость, число продуктивных стеблей с единицы площади.

В качестве контроля для диплоидных сортов был привлечен доминантно-короткостебельный сорт *Офелия*, для тетраплоидных – *Пралеска*. Посев проводили вручную с нормой высева 100 зерен на 1 м². Площадь делянки – 1 м² с раскладкой 20 × 5 см, повторность однократная.

Различия метеорологических условий в годы изучения коллекционных образцов способствовали их объективной оценке. Так, хорошие условия перезимовки 2017-2018 гг. не влияли на распространение снежной плесени. В то же время вегетационный период 2018 г. был экстремальным для роста и развития растений озимой ржи, особенно в период формирования зерна. Повышенный температурный режим в мае и начале июня в сочетании с недостаточным количеством осадков (ниже нормы на 11,6 %) способствовали снижению плотности продуктивного стеблестоя и снижению фертильности колоса.

Условия перезимовки 2018-2019 г. были благоприятными. Несмотря на большую высоту снежного покрова в течение января-февраля 2019 г. (25-27 см), в первой декаде марта снежный покров отсутствовал, развитие снежной плесени было слабым, гибели растений не наблюдалось. Из-за высоких температур и почвенной засухи в июне (22-79 % от месячной нормы осадков) ухудшились условия формирования зерна, что привело к существенному снижению массы 1000 зерен у большинства образцов коллекции.

Условия перезимовки 2019-2020 гг. были оптимальными для озимой ржи. Встречалось единичное поражение растений снежной плесенью (1-3 балла) (рисунки 1). Следует отметить, что из-за прохладной погоды в течение апреля-мая 2020 г. сроки наступления фаз развития растений на 7-10 дней отставали от среднепогодных. Несмотря на это все изучаемые образцы коллекции озимой ржи сформировали хороший продуктивный стеблестой. Обильные дожди, прошедшие в июне, и достаточное количество тепла (на 2-4 °C выше нормы) способствовали нарастанию вегетативной массы и формированию колоса озимой ржи. В июле 2020 г. отклонений от среднемесячной нормы по температурному

режиму не наблюдалось. Это увеличило продолжительность налива зерна и благоприятно отразилось на массе 1000 зерен коллекционных образцов.



Рисунок 1 – Состояние опытных делянок на 06.04.2020 г.

Результаты исследований и их обсуждение. Изучение коллекционного материала озимой ржи в условиях Беларуси позволило выявить сорта и селекционные сортообразцы, представляющие интерес для селекции. Практические результаты исследований за 2018-2020 гг. представлены в данной статье.

Современная селекция располагает многими методами оценки зимостойкости растений, но наиболее надежный метод – полевая оценка селекционного материала. Показатели зимостойкости, полученные в полевых условиях, являются наиболее надежными для заключения о зимостойкости изучаемых сортов и гибридов [4]. В среднем за три года зимостойкость диплоидных образцов была на уровне 64,8-92,6 % (у контроля 76,8 %), тетраплоидных – 80,3-94,8 % (у контроля 88,4 %) (таблица 1). Наиболее высокой зимостойкостью (86,7-94,8 %) характеризовались коллекционные образцы, созданные в почвенно-климатических условиях Беларуси: *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*), *Паўлінка* см., *Мирогорская*, *18 тр тетра*, *Зазерская-2*, *Пламя*, *Искра*, *ЗТ* × *Пуховчанка*. Большинство оцениваемых образцов зарубежной селекции (Польша, Россия) оказались менее зимостойкими (64,8-83,9 %).

Благоприятные условия перезимовки в период проведения исследований не позволили дифференцировать образцы озимой ржи по устойчивости к снежной плесени. В среднем за три года изучения поражение этой болезнью коллекционных образцов было на уровне 0,5-1,5 балла. Поражение другими листовыми болезнями (мучнистая роса и бурая ржавчина) составило в фазу колошения 0,5-1,0 баллов.

Полегание озимой ржи – явление, широко распространенное в сельскохозяйственной практике. Оно вызывает нарушение нормальных условий роста и развития растений, приводит к существенному снижению урожайности. По данным ряда исследователей [5, 6], при полегании ржи в межфазный период «молочное состояние зерна – восковая спелость» потери урожая могут составить 15,0-18,0 %, при более раннем полегании в фазу цветения до 70,0 %. Полегание растений ржи значительно снижает качество зерновой продукции [4].

Устойчивость к полеганию озимой ржи зависит от высоты растений, которая в среднем за 2018-2020 гг. в коллекционном питомнике варьировала от

107,5 см у *Чулпан 4* (Россия) до 172,5 см у образца *WIERZBINSKIE WCZESNE* (Польша).

Донорами короткостебельности могут служить диплоидные сортообразцы *Мирогорская* (135 см) (Беларусь); *KLAWO* (127,5 см), *HEGRO* (132,5 см), *ZDUNO* (127,5 см) (Польша); *Чулпан 4* (107,5 см), *Отелло 2* (120 см) (Россия); тетраплоидные – *Верасень* (137,5 см), *Верасим ранний* (130 см), *12 в2 тр тетра* (135 см) (Беларусь).

Высокая урожайность – одно из основных требований, предъявляемых к сорту. Установлено, что в среднем за три года урожайность зерна у изучаемых сортообразцов коллекции озимой ржи находилась в пределах 455,9–1128,8 г/м² (таблица 1). Наиболее продуктивным среди диплоидных образцов (+32,8 % к контролю) был диплоидный сортообразец белорусской селекции *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*) – 1128,8 г/м². Высокая урожайность отмечена также у образцов белорусской селекции *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*), *Паўлінка* см.; польской – *ZDUNO*, *MOTTO*, *WALET*; российской – *Луга*. Шесть тетраплоидных сортообразцов *Искра*, *Пламя*, *Верасень*, (*Искра* × *Верасень*) × *Журавинка*, *ЗТ* × *Пуховчанка*, *Верасень* × *Журавинка* превысили контроль (735,2 г/м²) на 75,0–246,4 г/м² (10,2–33,5 %).

Величина и стабильность урожая озимых складывается из таких суммарных элементов структуры урожая, как количество продуктивных стеблей, количество и масса зерна с колоса (озерненность), масса 1000 зерен. При этом необходимо учитывать, что сочетание отдельных элементов в структуре урожая имеет тесную связь друг с другом. Низкие значения одного показателя могут компенсироваться более интенсивным развитием остальных [7].

Хорошая кустистость озимой ржи позволяет ей восполнить гибель отдельных растений во время перезимовки. В среднем за три года продуктивный стеблестой в питомнике был на уровне 369,2 стеблей на 1 м² у диплоидов и 328,1 шт./м² у тетраплоидов (таблица 1), по количеству продуктивных стеблей на единице площади (более 400 шт/м²) выделено 9 сортообразцов: *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*), *Паўлінка* см. (Беларусь); *MOTTO*, *WALET* (Польша); *Луга*, *Метелица*, *Чулпан 4* (Россия); тетраплоидный *Искра* (Беларусь).

В селекции на продуктивность предпочтение следует отдавать формам с высокой продуктивной кустистостью и крупным озерненным колосом. За годы исследований в коллекционном питомнике образцы озимой ржи формировали от 4,5 до 8,9 продуктивных стеблей на растение. К лучшим формам по продуктивной кустистости отнесли 13 диплоидных образцов, значения которой составило от 6,6 до 8,9 шт. стеблей на растение. Среди них: *Паўлінка* см., *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*) (Беларусь), *ZDUNO*, *KLAWO*, *KIER*, *WIERZBINSKIE WCZESNE*, *MOTTO*, *WALET* (Польша), *Луга*, *Метелица*, *Восход 1*, *Отелло 3*, *Чулпан 4* (Россия). Из тетраплоидных форм по величине продуктивной кустистости превысил контроль образец *Верасень* (7,1 шт.).

В среднем за три года изучения длина колоса диплоидных сортообразцов составила 11,4 см, тетраплоидных – 13,0 см (таблица 2). Источниками признака

Таблица 1 – Результаты испытания коллекционных образцов озимой ржи (среднее за 2018-2020 гг.)

Плоидность	Количество образцов	Зимостойкость, %		Продуктивных стеблей, шт/м ²		Урожайность, г/м ²		Высота, см	
		min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее
Диплоидная	27	64,8-92,6	76,7	269,5-452,0	369,2	524,1-1128,8	808,1	107,5-172,5	143,7
Офелия, к.	1	-	76,8	-	339,7	-	849,7	-	131,7
Тетраплоидная	18	80,3-94,8	88,4	265,7-423,5	328,1	455,9-981,7	731,0	130,0-153,3	142,1
Пралеска, к.	1	-	82,4	-	297,3	-	735,2	-	141,7

Таблица 2 – Показатели элементов продуктивности колоса коллекционных образцов озимой ржи (среднее за 2018-2020 гг.)

Плоидность	Количество образцов	Длина колоса, см		Количество цветков, шт.		Количество зерен, шт		Масса зерна с анализируемого колоса, г		Масса 1000 зерен, г		Озерненность, %	
		min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее
Диплоидная	27	9,8-14,9	11,4	63,7-80,0	70,4	50,9-66,1	58,0	1,58-2,69	2,18	27,2-44,1	37,7	74,6-90,1	82,5
Офелия, к.	1	-	12,1	-	71,6	-	57,2	-	2,38	-	42,6	-	80,1
Тетраплоидная	18	10,2-14,5	13,0	61,5-76,5	70,9	36,4-51,3	43,5	1,55-2,90	2,22	41,6-56,1	50,9	52,7-70,9	61,1
Пралеска, к.	1	-	14,1	-	75,9	-	44,0	-	2,43	-	48,8	-	58,1

для селекции могут выступать образцы *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*), *Паўлінка см.*, *Зазерская-2*, *Пламя*, *Алькора тетра* × *Журавинка*, *Верасень* × *Журавинка*, *Росита тетра* (Беларусь), *Отелло 2*, *Отелло 3*, *Чултан 4* (Россия), длина колоса которых составила 12,2-14,9 см.

Количество зерен в главном колосе у диплоидных сортообразцов в среднем составила 58,0 шт., у тетраплоидов 43,5 шт. (таблица 2). У диплоидного образца *Луга* (Россия) величина данного показателя была максимальной (66,1 шт.), а минимальной (36,4 шт.) у *15 тр тетра* (Беларусь). Источниками признака для селекции могут являться образцы белорусской селекции *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*) – 62,6 шт., *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*) – 61,2 шт., а также российские сортообразцы *Луга* и *Отелло 3* (62,8 шт.).

Важным показателем продуктивности является озерненность колоса растений озимой ржи. Несмотря на довольно продолжительный селекционный процесс по созданию и стабилизации тетраплоидных форм озимой ржи, по данному признаку они уступают диплоидам. Так, средняя озерненность колоса за три года среди диплоидной группы составила 82,5 %, а у тетраплоидной – 61,1 % (таблица 2).

По крупности зерна сортообразцы озимой ржи были ранжированы от мелких (масса 1000 зерен менее 35 г и 50 г у диплоидных и тетраплоидных соответственно) до крупных (более 40 г у диплоидных образцов и 55 г у тетраплоидных) при значении данного признака у контроля *Офелия* – 42,6 г, *Пралеска* – 48,8 г (таблица 2). Выделены крупнозерные образцы из Беларуси: *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*) – 40,3 г, *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*) – 42,2 г, *Паўлінка* × *КП-97* – 42,5 г, *Паўлінка см.* – 42,0 г, *Мирогорская* – 40,9 г, *3Т* × *Пуховчанка* – 56,1 г, *Верасень* – 56,7 г; Польши: *MIKULICKIE WCZESNE* – 40,3 г, *ZDUNO* – 44,1 г, *KLAWO* – 41,6 г, *HEGRO* – 41,7 г и Латвии *Каиро* – 40,5 г.

Продуктивность колоса диплоидного сорта *Офелия* составила 2,38 г, а тетраплоидного *Пралеска* 2,43 г (таблица 2). Среди лучших образцов коллекционного питомника данный параметр варьировал от 2,35 до 2,90 г. Выделились по массе зерна с колоса диплоидные сортообразцы *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*) – 2,5 г, *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*) – 2,69 г, *Паўлінка* × *КП-97* – 2,38 г, *Паўлінка см.* – 2,42 г (Беларусь); *ZDUNO* – 2,62 г, *HEGRO* – 2,35 г (Польша); *Восход 1* – 2,48 г (Россия); тетраплоидные – *Зазерская-2* – 2,47 г, *Пламя* – 2,6 г, *Полновесная* – 2,4 г, *Искра* × *Верасень* × *Журавинка* – 2,37 г, *Верасень* × *Журавинка* – 2,65 г, *3Т* × *Пуховчанка* – 2,9 г, *Верасень* – 2,5 г (Беларусь).

Выводы

1. Изучение коллекционных сортообразцов озимой ржи позволило выявить источники хозяйственно-ценных признаков, имеющие практический интерес для селекционной работы:

- высокая зимостойкость: *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*), *Паўлінка см.*, *Мирогорская*, *18 тр тетра*, *Зазерская-2*, *Пламя*, *Искра*, *3Т* × *Пуховчанка* (Беларусь);

• доноры короткостебельности: *Мирогорская*, *Верасень*, *Верасим ранний*, *12 в2 тр тетра* (Беларусь); *KLAWO*, *HEGRO*, *ZDUNO* (Польша); *Чулпан 4*, *Отелло 2* (Россия);

• высокая продуктивность: *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*), *Паўлінка см.*, *Искра*, *Пламя*, *Верасень*, (*Искра* × *Верасень*) × *Журавинка*, *ЗТ* × *Пуховчанка*, *Верасень* × *Журавинка* (Беларусь); *ZDUNO*, *MOTTO*, *WALET* (Польша); *Луга* (Россия);

• высокая продуктивная кустистость: *Паўлінка см.*, *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Верасень* (Беларусь), *ZDUNO*, *KLAWO*, *KIER*, *WIERZBINSKIE WCZESNE*, *MOTTO*, *WALET* (Польша), *Луга*, *Метелица*, *Восход 1*, *Отелло 3*, *Чулпан 4* (Россия);

• доноры крупнозерности: *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*), *Паўлінка* × *КП-97*, *Паўлінка см.*, *Мирогорская*, *ЗТ* × *Пуховчанка*, *Верасень* (Беларусь); *MIKULICKIE WCZESNE*, *ZDUNO*, *KLAWO*, *HEGRO* (Польша) и *Каиро* (Латвия).

2. Для использования в селекционном процессе рекомендованы образцы коллекции озимой ржи, которые выделились по комплексу хозяйственно-ценных признаков: *Мирогорская*, *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*СК* × *Зубровка*), *Паўлінка см.*, *Верасень*, *ЗТ* × *Пуховчанка*, *KLAWO*, *HEGRO*, *ZDUNO*, *MOTTO*, *WALET*, *Луга*, *Чулпан 4*.

Литература

1. Пономарева, М.Л. Современные реалии производства ржи и задачи селекционной науки / М.Л. Пономарева, С.Н. Пономарев // Генофонд и селекция растений: материалы сателлитного симпозиума V Международной конференции «Генофонд и селекция растений» (Новосибирск, 11-13 ноября 2020 г.) / Федер. исслед. центр Ин-т цитологии и генетики Сиб. отделения Росс. академии наук. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2020. – С. 85-89.

2. Гончаренко, А.А. Диаллельный анализ инбредных линий озимой ржи по признакам продуктивности / А.А. Гончаренко [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 2. – С. 99-107.

3. Парфенова, Е.С. Оценка генофонда озимой ржи по урожайности в условиях Кировской области / Е.С. Парфенова [и др.] // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: матер. IV Междунар. научно-практ. конф., г. Киров, 3-4 апреля 2018 г. / Аграрная наука Евро-Северо-Востока – Киров, 2018 – Т. 66, № 5. – С. 24-29.

4. Урбан, Э.П. Озимая рожь / Э.П. Урбан [и др.] // Генетические основы селекции растений: в 4 т. Т. 2. Частная генетика растений / Национальная академия наук Беларуси, Институт генетики и цитологии; ред.: А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева; рец.: Н.А. Ламан, В.Н. Решетников. – 2-е изд., испр., перераб. и доп. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 662 с.

5. Kondratenko, F.T. The breeding of dwarf winter rye varieties / F.T. Kondratenko, A.A. Goncharenko // *Hodowla Rosl. i Klimat. Nasienn.* – 1975. – Т. 19, з. 5/6. – Р. 527-530.

6. Мухин, Н.Д. Основные пути создания высокопродуктивных сортов озимой ржи, устойчивых к полеганию / Н.Д. Мухин, // Повышение устойчивости зерновых культур к полеганию. – Жодино, 1979. – С. 10-17.

7. Петров, Л.К. Результаты изучения сортов озимой пшеницы в условиях Нижегородской области / Л.К. Петров, В.В. Селехов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 2. – С. 24-28.

RESULTS OF STUDYING COLLECTION ACCESSIONS OF WINTER RYE IN TERMS OF THE MAIN ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS

T.V. Rovdo, D.Yu. Artsiukh

The article presents the results of studying collection accessions of winter rye in order to identify the sources of economically important traits (winter hardiness, yield, 1000 grain weight, amount and weight of a grain per spike, plant height, productive tilling capacity) for further targeted use in the breeding process in Belarus. Collection cultivars were identified and proposed as potential sources of economically important traits of winter rye: with a high yield (up to 1128.8 g/m²), short stems (from 107.5 cm to 137.5 cm), with a large weight of 1000 grains (more than 40 g), with a high productive tilling capacity (up to 8.9 stems per plant).

УДК 633.112.9:631[527+526.32]

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЦЕННОСТИ СОРТОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ БЕЛОРУССКОЙ И ПОЛЬСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

В.Н. Бушневич, кандидат с.-х. наук, **Н.П. Шишлова**, кандидат биол. наук,
Е.И. Позняк, кандидат с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 18.02.2021)

Рецензент: В.В. Холодинский, кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного анализа элементов продуктивности сортов озимого тритикале белорусской и польской селекции, выращиваемых в центральном регионе Беларуси по обычной и интенсивной технологиям возделывания в 2019-2020 гг. Оценили степень отзывчивости сортов на усиление интенсификации технологии, а также ее влияние на величину и изменчивость количественных признаков. Определили вклад количественных признаков озимого тритикале в формирование урожайности и уборочного индекса.

Польша является мировым лидером в разработке и реализации селекционных программ по созданию сортов тритикале, сочетающих высокую урожайность с фенотипической однородностью. Как показали многолетние исследования коллекции генотипов озимого тритикале различного происхождения, проводимые в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию, польские сорта характеризовались, как правило, короткостебельностью, устойчивостью к полеганию и небольшим компактным колосом [1, 2]. К недостаткам сортов польской селекции можно отнести слабую устойчивость к низким температурам перезимовки и сопутствующую ей восприимчивость посевов к поражению снежной плесенью. Сорта озимого тритикале отечественной селекции несколько уступают польским сортам по степени выравненности посевов и однородности генотипов, однако превосходят их по элементам продуктивности и устойчивости к абиотическим факторам.

Применение дополнительных элементов технологии возделывания – про-
травителей, удобрений, микроэлементов, фунгицидов и др., способствует более
полной и качественной реализации биологического потенциала продуктивно-
сти. Интенсивный уровень, повышая устойчивость к ряду болезней и ослабляя
давление стрессовых абиотических факторов, способствует снижению геноти-
пической изменчивости количественных признаков. Отзывчивость генотипа на
усиление интенсификации во многом определяет специфику технологии его
возделывания.

Целью исследований являлся сравнительный анализ структуры урожая
сортов озимого тритикале различного происхождения, их отзывчивость на ин-
тенсификацию выращивания и выявление достоверных корреляционных зави-
симостей между количественными признаками.

Материалы и методы исследования. Основным объектом исследований
являлись 9 новых сортов озимого гексаплоидного тритикале (X *Triticosecale*
Wittm. & A. Camus, $2n=42$), выращиваемых в 2019-2020 гг. Из них 5 отече-
ственных районированных сортов: *Динамо* (контроль), *Благо 16*, *Амлем-17*,
Ковчег, *Устье* и 4 польских сорта: *Trapero*, *Orinoko*, *Belcanto* и *DD 608/14*. Для
сравнительного анализа к изучению привлекались 4 сорта озимой пшеницы
(*Triticum aestivum* L., $2n=42$): *Элегия*, *Амелия* (Беларусь), *Титаника*, *DNKO 33*
(Польша) и 3 сорта озимой ржи (*Secale cereale* L., $2n=14$): *Голубка*, *Мирогор-
ская* (Беларусь) и *Dankowskie Turkus* (Польша).

Образцы выращивали в питомнике экологического сортоиспытания по
обычной и интенсивной технологиям возделывания в трех повторениях с нор-
мой посева 4,5 млн всхожих семян на гектар в соответствии с регламентом воз-
делывания [3]. При интенсивном уровне применяли микроэлементы Cu и Mn
(50 г/га) в виде некорневых подкормок в стадии 31, регуляторы роста и фунги-
циды – в стадиях 31 и 37 и дополнительную дозу азотных удобрений N_{30} – в
стадии 37.

Определили биометрические параметры растения, урожайность, массу
1000 семян [4], а также содержание в зерне сырого протеина методом ближней
ИК-спектроскопии [5]. Уборочный индекс рассчитывали как долю (в %) зерна в
надземной общей сухой биомассе в фазу полной спелости [6]. Взаимосвязи
между показателями изучили с помощью парного и множественного корреля-
ционного анализа, оценили их достоверность и вклад количественных призна-
ков в изменчивость урожайности и уборочного индекса.

Результаты исследований и их обсуждение. Урожайность сортов озимо-
го тритикале за два года наблюдения составила в среднем 65,9 и 88,7 ц/га при
возделывании по обычной и интенсивной технологиям соответственно (табли-
ца 1). Максимальные значения показателя принадлежали польскому сорту *DD*
608/14 (обычная) и контрольному сорту *Динамо* (интенсивная технология).
Нижняя граница урожайности для обеих технологий возделывания определя-
лась польским сортом *Orinoko*. Относительно низкие значения показателя яви-
лись следствием слабой перезимовки этого сорта в 2018-2019 гг., усугубившей-
ся сильным (на уровне 7,5 баллов) поражением посевов снежной плесенью.

Таблица 1 – Характеристика элементов продуктивности озимого тритикале: 1 – обычная, 2 – интенсивная технология возделывания (среднее за 2019-2020 гг.)

Культура, сорт	Урожайность, ц/га		Уборочный индекс, %		Доля колосьев, %		Доля мякины в колосе, %	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Озимое тритикале:								
<i>Динамо – контроль</i>	69,0	97,3	47,3	51,1	55,5	61,9	16,2	16,0
<i>Алтея-17</i>	63,8	84,8	46,9	48,7	55,8	58,0	15,5	14,3
<i>Благо 16</i>	68,0	89,1	44,1	50,1	53,0	58,9	17,6	14,5
<i>Ковчег</i>	62,7	83,1	46,7	51,5	57,8	61,7	19,4	16,1
<i>Устье</i>	61,8	89,0	45,4	51,0	54,9	60,3	17,6	15,2
<i>Таргет</i>	70,1	89,5	45,9	50,1	55,0	59,7	17,1	15,5
<i>Оринок</i>	52,3	81,6	44,1	47,9	55,9	59,3	20,6	18,2
<i>Belcanto</i>	71,3	90,6	45,7	51,9	55,3	61,3	17,7	13,8
<i>DD 608/14</i>	73,8	93,0	46,1	49,9	54,2	57,3	14,5	13,3
Среднее	65,9±2,2	88,7±1,6	45,8±0,4	50,2±0,4	55,3±0,4	59,8±0,5	17,4±0,6	15,2±0,5
Границы изменчивости	52,3-73,8	81,6-97,3	44,1-47,3	47,9-51,9	53,0-57,8	57,3-61,9	14,5-20,6	13,3-18,2
Коэффициент вариации, %	9,89	5,52	2,48	2,60	2,36	2,71	10,77	9,70
Озимая пшеница (n=4)	58,0	80,2	48,1	51,3	59,3	61,6	18,1	17,7
Озимая рожь (n=3)	72,1	85,0	40,8	43,1	49,2	50,9	14,7	13,8

Сорт *Orinoko* характеризовался повышенной отзывчивостью на усиление интенсификации: прибавка урожайности при возделывании по интенсивной технологии для этого сорта составила 56,0 %. Остальные польские сорта озимого тритикале отличались заметно меньшей отзывчивостью приблизительно одинакового уровня: относительная прибавка урожайности для *DD 608/14* составила 26,0; *Belcanto* – 27,1 и *Trapero* – 27,7 %.

Среди отечественных сортов озимого тритикале высокой отзывчивостью на усиление интенсификации выделялись сорта *Усмье* (44,0) и *Динамо* (41,0 %). В среднем по выборке прибавка урожайности при использовании интенсивной технологии возделывания для сортов озимого тритикале составила 34,6 %, т.е. немного уступала озимой пшенице (38,2 %) и существенно превосходила озимую рожь (17,9 %).

Показатель «уборочный индекс» или «коэффициент хозяйственной эффективности» используется для оценки генотипов по интенсивности конверсии пластических веществ из стебля и листьев в колос. Важнейшим фактором повышения урожайности, как считает ряд авторов, является перераспределение биомассы в пользу зернового компонента, доля которого должна превышать 50 % [6, 7, 8, 9].

Величина уборочного индекса для сортов озимого тритикале при возделывании по обычной технологии составила в среднем 45,8 % на фоне низкой генотипической изменчивости ($V=2,48$ %). Усиление интенсификации возделывания способствовало увеличению доли зерна в общей надземной биомассе у всех сортов и культур, но не повлияло на уровень изменчивости признака. Максимальное значение уборочного индекса принадлежало польскому сорту *Belcanto* – 51,9 % (интенсивная технология); минимальное (44,1 %) – сортам *Orinoko* и *Благо 16* (традиционная технология). В целом, по величине уборочного индекса озимое тритикале занимало промежуточное положение между озимой пшеницей и рожью, проявляя больше сходства с пшеницей. Низкая генотипическая изменчивость признака свидетельствовала об отсутствии у анализируемых сортов озимого тритикале существенных различий в функционировании фотосинтетического аппарата и реутилизации ассимилятов зерновкой.

Доля колосьев в общей надземной биомассе является важным фактором формирования урожайности, влияющим на величину коэффициента хозяйственной эффективности. Величина данного показателя в посевах озимого тритикале составила в среднем 55,3 и 59,8 % при возделывании по обычной и интенсивной технологиям соответственно. Аналогичные значения для пшеницы находились на уровне 59,3 и 61,6 %; для ржи – 49,2 и 50,9 %. По этому показателю сорта озимого тритикале более походили на пшеницу, в частности *Ковчег*, а также сорта *Динамо* и *Belcanto* – при возделывании по интенсивной технологии. Как и в случае с уборочным индексом, наблюдалась низкая генотипическая изменчивость признака.

Несмотря на то, что в надземной биомассе определяющим незерновым компонентом является стебель, доля мякоти в колосе также оказывает влияние на коэффициент хозяйственной эффективности [9]. Следует отметить, что пе-

реход к интенсивной технологии возделывания сопровождался снижением доли мякины в колосе у всех изученных сортов трех культур. Примечательно, что доля мякины в колосе у высокоурожайного польского сорта *DD 608/14* была минимальной – на уровне значений ржи. Наиболее высокая доля мякины, превышающая значения пшеницы, наблюдалась у наименее урожайного сорта *Orinoko*.

Биометрический анализ растений показал наличие специфических особенностей, присущих как культуре тритикале в целом, так и отдельным сортам в частности. Высота растений тритикале изменялась от 87,4 до 122,0 см при среднем уровне вариации (таблица 2). К короткостебельным относились все сорта пшеницы, три сорта тритикале польской селекции *Orinoko*, *Belcanto*, *Trapero* и отечественный сорт *Ковчег*. Остальные сорта тритикале и ржи классифицировались как среднерослые.

Выявлено, что длина верхнего междоузлия была минимальной у сортов озимой пшеницы и максимальной – у сортов озимой ржи. Объясняется это положительной достоверной (при 1%-ном уровне значимости) зависимостью, существующей между высотой растения и длиной верхнего междоузлия: $r=0,83$ (обычная) и $0,81$ (интенсивная технологии возделывания). Сорта озимого тритикале по длине верхнего междоузлия превосходили пшеницу и уступали ржи. Исключение составлял сорт *Устье* с максимальными значениями этого показателя при средней высоте растений.

При определении доли верхнего междоузлия в стебле пшеница и рожь менялись местами относительно абсолютных значений показателя. Тритикале в целом уступало по долевого вкладу верхнего междоузлия в длину стебля озимой пшенице и превосходило рожь. Из анализируемой выборки сортов озимого тритикале выделились *Устье*, *Ковчег* и *DD 608/14*, доли верхнего междоузлия у которых превышали значения пшеницы или находились на одном с ней уровне. Усиление интенсификации технологии возделывания сопровождалось незначительным снижением высоты растений и длины верхнего междоузлия, что в основном приводило к увеличению его доли в стебле.

По количеству продуктивных стеблей, формируемых на единице площади, существенных различий в целом между культурами не наблюдалось. При переходе к интенсивной технологии возделывания количество продуктивных стеблей у тритикале увеличилось на 12,0, пшеницы – на 13,7 и ржи – на 11,1 %. Максимальное значение показателя принадлежало сорту *Trapero* для обеих технологий возделывания.

Анализ элементов продуктивности главного колоса показал, что сорта озимого тритикале отечественной селекции характеризовались повышенной озерненностью. Лучший из польских сортов *DD 608/14* уступал по этому показателю сортам *Динамо*, *Атлет-17* и *Благо 16* при выращивании с использованием обеих технологий (таблица 3). Наиболее тяжеловесные колосья в процессе онтогенеза формировались у отечественных сортов озимого тритикале *Благо 16* (обычная) и *Атлет-17* (интенсивная технология).

Таблица 2 – Биометрический анализ растений озимого тритикале: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания (среднее за 2019-2020 гг.)

Культура, сорт	Высота растения, см		Верхнее междоузлие				Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	
			длина, см		доля в стебле, %			
	1	2	1	2	1	2	1	2
Озимое тритикале: <i>Динамо-контроль</i> <i>Атлет-17</i> <i>Благо 16</i> <i>Ковчег</i> <i>Устье</i> <i>Траpero</i> <i>Orinoko</i> <i>Belcanto</i> <i>DD 608/14</i> <i>Среднее</i> <i>Границы изменчивости</i> <i>Коэффициент вариации, %</i>	117,7	115,1	39,0	38,8	36,1	37,0	567	624
	112,9	111,8	39,2	36,9	38,1	36,2	555	638
	122,0	110,4	41,5	39,9	36,9	39,5	568	591
	90,5	89,6	33,7	34,3	42,0	43,5	623	696
	110,5	109,9	45,1	43,2	44,9	43,5	585	670
	99,9	100,3	34,6	33,8	37,8	36,8	728	789
	91,0	87,4	30,2	31,7	36,9	40,5	473	640
	97,8	93,1	34,5	32,9	38,4	38,6	624	688
	114,8	108,1	43,3	41,1	40,7	41,3	597	622
	106,3±3,9	102,9±3,5	37,9±1,7	37,0±1,3	39,1±1,0	39,6±0,9	591±23	662±19
	90,5-122,0	87,4-115,1	30,2-45,1	31,7-43,2	36,1-44,9	36,2-43,5	473-728	591-789
	11,06	10,20	13,07	10,88	7,37	6,98	11,55	8,80
Озимая пшеница (n=4) Озимая рожь (n=3)	82,0	79,1	30,1	29,4	41,2	42,2	593	674
	136,9	130,5	42,5	42,2	33,3	35,0	612	680

Таблица 3 – Характеристика элементов продуктивности растений озимого тритикале: 1 – обычная, 2 – интенсивная технология возделывания (среднее за 2019-2020 гг.)

Культура, сорт	Главный колос				Масса зерна с растения, г		Масса 1000 семян, г	
	кол-во зерен, шт.		масса зерна, г		1	2	1	2
	1	2	1	2				
Озимое тритикале:								
<i>Динамо-контроль</i>	51,5	61,9	2,15	2,90	5,21	6,61	46,5	48,5
<i>Аглет-17</i>	51,3	57,3	2,39	3,09	5,10	5,58	49,9	50,2
<i>Блассо 16</i>	52,9	54,9	2,48	2,52	4,57	4,74	47,4	47,8
<i>Ковчег</i>	39,0	46,4	1,94	2,44	3,99	4,96	49,0	50,9
<i>Устье</i>	42,4	55,1	2,20	2,70	4,55	6,63	50,6	50,7
<i>Траперо</i>	39,2	45,3	1,68	2,00	3,70	3,78	45,3	44,8
<i>Ориноко</i>	38,0	39,7	2,23	2,17	5,21	4,39	55,9	59,6
<i>Belcanto</i>	36,6	35,5	1,67	1,66	3,21	3,22	44,7	47,4
<i>DD 608/14</i>	44,5	48,8	2,15	2,32	3,07	3,74	47,3	48,9
<i>Среднее</i>	43,9±2,1	49,4±2,9	2,10±0,09	2,42±0,15	4,29±0,28	4,85±0,41	48,5±1,1	49,9±1,4
<i>Границы изменчивости</i>	36,6-52,9	35,5-61,9	1,67-2,48	1,66-3,09	3,07-5,21	3,22-6,63	44,7-55,9	44,8-59,6
<i>Коэффициент вариации, %</i>	14,63	17,44	13,55	18,43	19,48	25,32	7,02	8,24
Озимая пшеница (n=4)	35,0	38,1	1,57	1,75	3,46	4,22	46,3	42,1
Озимая рожь (n=3)	45,9	44,6	1,82	1,93	3,30	3,84	37,8	37,5

Сорта озимого тритикале *Динамо* и *Атлет-17* характеризовались высокой степенью отзывчивости на усиление интенсификации: масса главного колоса у этих сортов увеличивалась на 34,9 и 29,3 % соответственно.

Показатель «масса зерна с растения» отличался более высокой генотипической изменчивостью по сравнению с массой колоса, особенно при возделывании сортов озимого тритикале по интенсивной технологии. Максимальное значение показателя для обычной технологии возделывания составило 5,21 г (*Динамо*, *Orinoko*); для интенсивной – 6,63 и 6,61 г (*Устье* и *Динамо*).

Диапазон изменчивости количественного признака «масса 1000 семян озимого тритикале», косвенно отражающего крупность зерна, в нашем опыте ограничивался значениями польских сортов. Так, минимальные значения показателя принадлежали сортам *Belcanto* (обычная) и *Trapero* (интенсивная технология); максимальные – сорту *Orinoko*. Для тритикале в целом средние значения показателя превосходили значения массы 1000 семян пшеницы и ржи.

Урожайность как результирующий признак продуктивности играет решающую роль в определении хозяйственной ценности сорта. Тем не менее, высокие значения таких показателей как «содержание протеина в зерне» и (или) «сбор протеина с гектара» значительно увеличивают эту ценность. Анализ содержания сырого протеина в зерне озимого тритикале показал, что его средний уровень составлял 14,0 и 14,9 % для обычной и интенсивной технологий возделывания на фоне низкой генотипической изменчивости признака (таблица 4).

Наиболее высоким уровнем содержания протеина в зерне характеризовался сорт *Trapero*, особенно при возделывании по интенсивной технологии – 15,7 %. Максимальным сбором сырого протеина при использовании обычной технологии возделывания характеризовались польские сорта *Trapero* и *DD 608/14* – 8,8 ц/га. Усиление интенсивности возделывания приводило к заметному росту значений показателя и снижению уровня генотипической изменчивости признака. Максимальное значение показателя составляло 12,3 ц/га и принадлежало контрольному сорту *Динамо*. Сочетание невысокой урожайности со средним уровнем содержания протеина в зерне обусловило минимальный сбор сырого протеина для сорта *Orinoko*.

Для оценки влияния изученных количественных признаков озимого тритикале на результирующие показатели – урожайность и уборочный индекс – использовали парный и множественный корреляционный анализ. Установили, что индивидуальное влияние признаков на эти показатели было незначительным, т.к. выделились только три достоверные зависимости ($P_{0,05}=0,67^*/P_{0,01}=0,80^{**}$). Две из них – при возделывании по обычной технологии: урожайность – доля мякины ($r=-0,75^*$) и урожайность – масса 1000 семян ($-0,93^{**}$). При возделывании сортов озимого тритикале по интенсивной технологии проявилась третья достоверная зависимость – между уборочным индексом и долей колосьев: $r=0,71^*$; на обычном фоне взаимосвязь между этими показателя была слабее – 0,49.

К стабильным взаимосвязям средней силы, проявляющимся при возделывании по обеим технологиям, можно отнести следующие: между урожайностью

Таблица 4 – Содержание и сбор сырого протеина в зерне озимого тритикале: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания (среднее за 2019-2020 гг.)

Культура, сорт	Сырой протеин (N×6,25), % (абс. сух. в-во)		Сбор сырого протеина, ц/га	
	1	2	1	2
Озимое тритикале:				
Динамо – контроль	13,9	14,7	8,3	12,3
Атлет-17	14,2	14,8	7,8	10,8
Благо 16	13,1	14,5	7,7	11,1
Ковчег	14,0	14,8	7,6	10,6
Устье	13,9	15,0	7,4	11,5
Trapero	14,6	15,7	8,8	12,1
Orinoko	14,0	14,7	6,3	10,3
Belcanto	14,1	15,2	8,7	11,8
DD 608/14	13,9	14,7	8,8	11,8
<i>Среднее</i>	<i>14,0±0,1</i>	<i>14,9±0,1</i>	<i>7,9±0,3</i>	<i>11,4±0,2</i>
<i>Границы изменчивости</i>	<i>13,1-14,6</i>	<i>14,5-15,7</i>	<i>6,3-8,8</i>	<i>10,3-12,3</i>
<i>Коэффициент вариации, %</i>	<i>2,82</i>	<i>2,42</i>	<i>10,32</i>	<i>6,16</i>
Озимая пшеница (n=4)	15,0	15,4	7,5	10,6
Озимая рожь (n=3)	11,5	12,9	7,1	9,4

и высотой ($r=0,47$ и $0,63$ для обычной и интенсивной технологий), урожайностью и длиной верхнего междоузлия ($0,42$ и $0,50$), уборочным индексом и долей мякины в колосе ($-0,52$ и $-0,35$), уборочным индексом и массой 1000 семян ($-0,42$ и $-0,59$). Между самими результативными признаками «урожайность» и «уборочный индекс» существовала положительная недостоверная взаимосвязь средней силы, более выраженная для интенсивной технологии возделывания озимого тритикале ($r=0,48$) по сравнению с обычной технологией ($0,39$).

Используя множественный корреляционный анализ, изучили степень сопряженности урожайности и уборочного индекса с определенными сочетаниями изученных количественных признаков (таблица 5). Анализ показал, что усиление интенсификации возделывания ослабляло влияние количественных признаков на результативные показатели. Связано это с уменьшением генотипической изменчивости признаков при использовании дополнительных элементов интенсификации, нивелирующих давление факторов среды.

Заключение

Сравнительное тестирование новых белорусских и польских сортов озимого тритикале в полевых условиях при разном уровне интенсивности технологии возделывания позволило сделать предварительную оценку их хозяйственной ценности в почвенно-климатических условиях центрального региона Беларуси.

Сорта польской селекции *DD 608/14*, *Belcanto* и *Trapero* характеризовались способностью формировать высокую урожайность при возделывании по обыч-

**Таблица 5 – Комплексное влияние количественных признаков
на урожайность и уборочный индекс сортов озимого тритикале:
1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания**

Зависимые переменные количественные признаки	Степень сопряженности, %			
	Урожайность		Уборочный индекс	
	1	2	1	2
Высота, длина верхнего междоузлия, количество продуктивных стеблей	72,0	42,1	19,9	13,0
Количество зерен главного колоса, масса зерна главного колоса, масса зерна с растения	97,8	69,7	87,4	39,3
Доля колосьев в общей надземной биомассе, доля мякины в главном колосе	57,2	32,7	91,4	90,3

ной и интенсивной технологиям, т.е. относились к полунтенсивному типу. Сорта *Orinoko*, *Динамо* и *Устье*, с ярко выраженной положительной реакцией на интенсификацию технологии возделывания, принадлежали к интенсивному типу.

Не выявили существенных различий между анализируемыми сортами по величине таких показателей как «уборочный индекс» и «доля колосьев в общей надземной массе». Отечественные сорта озимого тритикале характеризовались более озерненным и тяжеловесным главным колосом по сравнению с польскими сортами. Наиболее тяжеловесные колосья в процессе онтогенеза формировались у сортов *Благо 16* (обычная) и *Атлет-17* (интенсивная технология). Максимальным сбором сырого протеина при возделывании по обычной технологии характеризовались польские сорта *Trapero* и *DD 608/14*, по интенсивной технологии – контрольный сорт *Динамо*.

Польские сорта озимого тритикале могут использоваться как источники хозяйственно-ценных признаков, таких как скороспелость (*DD 608/14*), короткостебельность (*Orinoko*, *Belcanto*), высокобелковость (*Trapero*) и др.

Литература

1. Бушневич, В.Н. Оценка сортов коллекции тритикале озимого по высоте растений и устойчивости к полеганию / В.Н. Бушневич, Е.И. Позняк, М.А. Дашкевич // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 22-23 марта 2018 г. / Рязанский гос. агротехнологический ун-т ; под ред. Н. В. Бышова [и др.]. – Рязань, 2018. – С. 46-49.
2. Вариабельность элементов продуктивности сортов коллекции тритикале озимого в условиях Беларуси / Е.И. Позняк [и др.] // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 18 апреля 2019 г. / Рязанский гос. агротехнологический ун-т ; под ред. Н. В. Бышова [и др.]. – Рязань, 2019. – С. 323-328.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Белорусская наука, 2014. – 288 с.

4. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян: ГОСТ 12042-80.

5. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области: ГОСТ Р 50817-95.

6. Новиков, А.В. Изменение уборочного индекса в процессе селекции и его влияние на урожайность пшеницы мягкой озимой: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. / А.В. Новиков; ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ». – Краснодар, 2012. – 24 с.

7. Дьяков, А.Б. Тенденции в развитии научных основ селекции растений / А.Б. Дьяков // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2011. – Вып. 2 (148-149). – С. 3-22.

8. Уборочный индекс и его связь с формированием урожайности и элементами структуры урожая сортов риса / М.А. Скаженник [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т.31, № 2. – С. 29-31.

9. Accumulation of biomass and bioenergy in culm of cereals as a factor of straw cutting height / Tomasz Zajac [et al.] // Int. Agrophys. – 2017. – N 31. – P. 273-285.

COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF ECONOMIC IMPORTANCE OF WINTER TRITICALE VARIETIES OF BELARUSIAN AND POLISH BREEDING

V.N. Bushtevich, N.P. Shishlova, E.I. Poznyak

The paper presents the results of a comparative analysis of productivity components of winter triticale varieties cultivated in line with traditional and intensive technologies in the central region of Belarus in 2019-2020. The degree of variety response to strengthening the technology intensification as well as its impact on the amount and variability of quantitative traits was evaluated. The influence of quantitative traits of winter triticale on the formation of yield and harvest index was established.

УДК 633.112.9«324»:631[527+524](476)

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОТБОРА ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ГЕНОТИПОВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

С.И. Гриб, доктор с.-х. наук, В.Н. Буштевич, Е.И. Позняк,

М.А. Дашкевич, кандидаты с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила в печать 17.02.2021)

Рецензент: С.И. Гордей, кандидат биол. наук

Аннотация. Приведены результаты оценки пригодности мексиканского (Mx), канадского (Ki), индекса линейной плотности колоса (ИЛПК) и индекса продуктивности растений (ИПР) для отбора высокопродуктивных генотипов на основе корреляционного анализа урожайности 16 белорусских сортов тритикале озимого с показателями селекционных индексов. Установлено, что ИПР и Ki пригодны для отбора селекционного материала тритикале озимого по продуктивности, на начальных этапах селекции, так как независимо от метеорологических условий у них выявлена достоверная положительная корре-

*ляционная связь сильной и средней степени с урожайностью зерна – ($r=0,93^{**}$; $r=0,89^{**}$; $r=0,87^{**}$; $r=0,85^{**}$ и $r=0,91^{**}$) и ($r=0,88^{**}$; $r=0,54^{*}$; $r=0,82^{**}$; $r=0,83^{**}$ и $r=0,89^{**}$) соответственно.*

В селекционном процессе, особенно на его начальном этапе, анализируется большое количество материала по комплексу хозяйственно полезных признаков. Для ускорения этого процесса и повышения эффективности отбора при оценке селекционных образцов было предложено использовать индексы на ряде сельскохозяйственных культур [1-7].

На основании литературных источников установлено, что применение индексов, особенно на ранних этапах селекции, увеличивает вероятность выявления наиболее продуктивных генотипов, обладающих комплексом хозяйственно полезных признаков и адаптивных к различным почвенно-климатическим условиям [6]. Однако в селекции целесообразно использовать только наиболее информативные индексы, т.е. такие, в состав которых входят признаки, связанные между собой достаточно высокой корреляционной зависимостью ($>60\%$). В этом случае селекционный индекс будет менее изменчив, чем составляющие его абсолютные величины [1].

Использование индексов в селекционной работе требует детального анализа их информативности в различных почвенно-климатических условиях, так как, по мнению некоторых ученых, их значимость существенно меняется в разных регионах [8]. Поэтому большое значение имеет поиск и использование в селекции наиболее эффективных индексов для отбора высокопродуктивных генотипов сельскохозяйственных растений в условиях Республики Беларусь.

Методика и условия проведения исследований. В 2014-2018 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» при сравнительной оценке урожайности зерна 16 белорусских сортов тритикале озимого (*Амулет*, *Антось*, *Благо*, *Динамо*, *Жемчуг*, *Жниво*, *Импульс*, *Кастусь*, *Ковчег*, *Лето*, *Михась*, *Прометей*, *Пятрусь*, *Руно*, *Эра*, *Юбилей*) использовали селекционные индексы (мексиканский индекс (Mx), индекс линейной плотности колоса (ИЛПК), канадский индекс (Ki), индекс продуктивности растений (ИПР)) с целью поиска наиболее результативных индексных показателей для выявления высокопродуктивных генотипов тритикале в условиях Беларуси. Мексиканский индекс рассчитывали как отношение массы зерна с колоса (г) к высоте растения (см), индекс линейной плотности колоса – отношение числа зерен в колосе (шт.) к длине колоса (см), канадский индекс – отношение массы зерна с колоса (г) к длине колоса (см) и индекс продуктивности растений – отношение произведения массы зерна с колоса (г) на число зерен в колосе (шт.) к длине колоса (см) [9-10].

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались по температурному режиму и влагообеспеченности, что позволило более объективно оценить сорта коллекции тритикале озимого. Условия вегетационного периода 2014-2015 гг. были наиболее неблагоприятными. Июньская засуха

(количество осадков по декадам 0-11 % от нормы) привела к существенному снижению урожайности сортов тритикале озимого.

Температура воздуха в мае-июле 2016 г. была практически во всех декадах выше климатической нормы на 0,2-5,1 °С. Недостаточное количество осадков в мае-июне (22-69 % от нормы) было нивелировано обильным количеством осадков в июле (108-245 % от нормы), что способствовало улучшению условий для налива зерна.

Вегетационный период 2016-2017 гг. был наиболее благоприятным для роста и развития растений. В период налива зерна температурный режим и количество выпавших осадков были близкими к среднееголетним значениям.

Вегетационный период 2017-2018 гг. был нестабильным по влагообеспеченности. Засуха в мае и начале июня привела к значительному снижению плотности продуктивного стеблестоя. Избыточное количество осадков в первой и второй декадах июля при среднесуточной температуре воздуха 16,2-20,1 °С, способствовало улучшению условий для налива зерна, однако привело к появлению большого числа подгонов, обеспечивших образование дополнительного количества мелких и шуплых зерен.

Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве (рН KCl – 5,8-6,2, подвижный P_2O_5 – 220-260 мг/кг, обменный K_2O – 200-300 мг/кг, гумус – 2,1-2,3 %). Предшественник – овес.

Минеральные удобрения в дозе P_{80} и K_{120} вносили осенью под вспашку. Гербицид Алистер Гранд (0,8 л/га) применяли осенью. Весной, после возобновления вегетации вносили азотные удобрения в дозе 60 кг д.в./га и 30 кг д.в./га в фазу начала выхода в трубку (ДК 31-32).

Площадь делянки 5 м², норма высева – 450 зерен на 1 м². Повторность двукратная. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки.

Для статистической обработки данных использовали программу MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Так как в различных почвенно-климатических условиях информационная значимость селекционных индексов существенно меняется [8], необходимо определить те из них, которые тесно сопряжены с продуктивностью в конкретном регионе. На основании этого целью наших исследований являлось выявление корреляционных связей (статистически значимых не менее чем на 95 % уровне) между показателями селекционных индексов и урожайностью зерна у группы белорусских сортов тритикале озимого.

На основании проведенных исследований установлено, что урожайность зерна у изучаемых сортов тритикале озимого существенно менялась в зависимости от метеорологических условий в период вегетации растений. Вегетационный период 2016-2017 гг. был наиболее благоприятным для роста и развития растений и способствовал формированию максимальной урожайности зерна (таблица), которая в среднем по опыту составила 87,8 ц/га. В условиях 2014-2015 гг. величина данного показателя была минимальной и в среднем равнялась 60,3 ц/га.

Значения селекционных индексов также варьировали по годам. Так, в среднем по опыту самые высокие показатели у мексиканского, канадского и индекса продуктивности растений были выявлены в условиях 2017-2018 гг. – 0,0234; 0,2334 и 11,1252 соответственно. Значение индекса линейной плотности колоса в данных условиях было минимальным (4,7634). Этому способствовало образование максимальных показателей числа зерен в колосе, массы зерна с колоса, длины колоса, а также небольшой высоты растений в условиях данного вегетационного периода.

В среднем по опыту значения мексиканского индекса и индекса продуктивности растений были самыми низкими в 2015-2016 гг. – 0,0172 и 10,4161 соответственно. Величина же индекса линейной плотности колоса в условиях данного вегетационного периода была самой высокой (4,9617). Это можно объяснить формированием минимальных значений длины колоса и массы зерна с колоса в среднем по питомнику в 2016 г.

Установлено, что независимо от метеорологических условий в период вегетации растений сортам тритикале озимого с высокой урожайностью зерна соответствовали наиболее высокие значения индекса продуктивности растений и канадского индекса. В среднем за годы исследований были выявлены высокопродуктивные (≥ 70 ц/га) сорта тритикале озимого с высокими значениями данных индексов: *Благо*, *Прометей*, *Пятрусь*, *Жемчуг*, *Жниво*, *Импульс*, *Эра*, *Амулет*, *Кастусь* (таблица).

Таблица – Взаимосвязь между урожайностью зерна и значениями селекционных индексов у белорусских сортов тритикале озимого (среднее за 2015-2018 гг.)

Сорт	Урожайность зерна, ц/га	Мх	ИЛПК	Ki	ИПР
2015 г.					
Благо	77,6	0,0203	5,7957	0,2774	14,9529
Жемчуг	71,3	0,0240	4,8018	0,2487	13,2530
Кастусь	67,9	0,0192	5,7979	0,2223	12,1176
Пятрусь	66,4	0,0194	5,0109	0,2337	10,7734
Михась	64,3	0,0219	4,3868	0,2377	11,0547
Жниво	63,2	0,0191	5,0824	0,2494	10,7746
Эра	61,8	0,0189	5,0319	0,2170	10,2651
Прометей	59,7	0,0168	4,9681	0,2255	10,5323
Импульс	58,4	0,0176	5,0745	0,2117	10,0982
Ковчег	57,5	0,0266	4,2815	0,2272	10,0188
Лето	56,9	0,0166	5,0645	0,2129	10,0277
Динамо	56,1	0,0169	5,1739	0,2033	9,6752
Руно	55,4	0,0163	4,6598	0,2031	9,1798
Юбилей	51,4	0,0243	4,0000	0,2019	8,6400
Амулет	49,1	0,0147	4,6458	0,1854	8,2696
Антось	48,3	0,0210	4,5000	0,2115	9,9000
среднее	60,3	0,0196	4,8922	0,2230	10,5958
г		0,21	0,64**	0,88**	0,93**
2016 г.					
Пятрусь	83,2	0,0177	5,1705	0,2489	11,3233

Сорт	Урожайность зерна, ц/га	Мх	ИЛПК	Кі	ИПР
Эра	81,4	0,0171	5,1351	0,2172	12,3757
Руно	79,0	0,0169	5,1485	0,2257	11,7386
Амулет	78,8	0,0177	4,9575	0,2426	11,3030
Динамо	78,2	0,0162	5,2697	0,2315	10,8555
Жниво	77,2	0,0168	4,9651	0,2500	10,6750
Благо	75,2	0,0157	5,3295	0,2273	10,6591
Жемчуг	74,2	0,0180	4,7113	0,2299	10,5063
Кастусь	74,2	0,0150	5,8353	0,2106	10,4452
Импульс	74,0	0,0155	5,1744	0,2291	10,1936
Ковчег	73,8	0,0209	4,3578	0,1881	8,9335
Михась	73,8	0,0179	4,6263	0,2273	10,4091
Прометей	73,4	0,0154	5,0225	0,2303	10,2961
Юбилей	72,6	0,0225	4,4434	0,2104	9,9088
Антось	71,0	0,0194	4,6905	0,2452	9,6624
Лето	66,6	0,0123	4,5506	0,1820	7,3719
среднее	76,0	0,0172	4,9617	0,2247	10,4161
г		0,13	0,46	0,54*	0,89**
2017 г.					
Благо	108,4	0,0209	5,6667	0,2889	16,2067
Прометей	104,1	0,0181	5,4942	0,2885	13,7906
Импульс	100,8	0,0199	5,1600	0,2660	13,7256
Кастусь	99,8	0,0167	6,0978	0,2293	12,8664
Жемчуг	99,4	0,0189	4,2857	0,2250	10,8000
Пятрусь	95,1	0,0185	4,5729	0,2406	10,5634
Жниво	91,2	0,0178	4,3333	0,2374	10,1833
Михась	88,2	0,0186	4,4653	0,2247	10,1363
Эра	81,4	0,0178	5,0330	0,2209	10,1163
Антось	80,6	0,0154	4,9775	0,2281	10,1044
Амулет	79,6	0,0154	4,6569	0,2039	9,6863
Динамо	78,3	0,0169	4,6237	0,2150	9,2473
Юбилей	75,1	0,0175	4,5638	0,2138	9,1733
Лето	73,2	0,0164	4,4947	0,2158	9,2142
Руно	62,6	0,0162	4,5000	0,2152	8,9100
Ковчег	60,7	0,0234	3,9902	0,1951	7,9405
среднее	87,8	0,0180	4,8072	0,2318	10,7915
г		0,14	0,63**	0,82**	0,87**
2018 г.					
Амулет	80,0	0,0240	5,5148	0,2782	15,4967
Благо	75,4	0,0220	5,2737	0,2505	12,5514
Прометей	74,6	0,0223	4,9785	0,2634	12,1973
Руно	71,1	0,0210	4,6000	0,2324	11,2240
Жниво	69,8	0,0228	4,4907	0,2343	11,3616
Эра	66,9	0,0226	5,3011	0,2312	11,3973
Импульс	66,8	0,0238	4,8172	0,2559	11,4650
Лето	65,6	0,0224	4,7525	0,2346	11,2634
Динамо	65,8	0,0228	4,5566	0,2283	11,0270
Пятрусь	64,6	0,0228	4,6701	0,2371	10,7412
Жемчуг	61,4	0,0241	4,1207	0,2164	10,3429
Ковчег	60,5	0,0322	4,4953	0,2196	10,5640
Антось	56,9	0,0234	4,6559	0,2366	10,2430
Юбилей	55,5	0,0264	4,2804	0,2122	9,7164
Михась	42,0	0,0227	4,3196	0,2196	9,2007
Кастусь	38,2	0,0197	5,3871	0,1839	9,2119

Сорт	Урожайность зерна, ц/га	Мх	ИЛПК	Кі	ИПР
среднее	63,4	0,0234	4,7634	0,2334	11,1252
г		0,02	0,28	0,83**	0,85**
среднее за 2015-2018 гг.					
Благо	84,2	0,0197	5,5106	0,2617	13,5562
Прометей	77,9	0,0180	5,0989	0,2516	11,6765
Пятрусь	77,3	0,0195	4,8602	0,2409	10,8869
Жемчуг	76,6	0,0211	4,9677	0,2303	11,2144
Жниво	75,4	0,0190	4,6905	0,2421	10,7295
Импульс	75,0	0,0190	5,0564	0,2413	11,3769
Эра	72,9	0,0189	5,1443	0,2216	11,0603
Амulet	71,9	0,0178	4,9466	0,2277	11,0679
Кастусь	70,0	0,0175	5,7802	0,2121	11,1558
Динамо	69,6	0,0180	4,8947	0,2200	10,2300
Михась	67,1	0,0201	4,4356	0,2267	10,1576
Руно	67,0	0,0175	4,7172	0,2192	10,2363
Лето	65,6	0,0166	4,7169	0,2122	9,4575
Антось	64,2	0,0195	4,6775	0,2280	9,9161
Юбилей	63,6	0,0224	4,2981	0,2086	9,3268
Ковчег	63,1	0,0253	4,2952	0,2076	9,3636
Среднее	71,3	0,0194	4,8807	0,2282	10,7133
г		-0,24	0,64**	0,89**	0,91**

В практической селекции важно определить наличие связей между селекционными индексами и хозяйственно полезными признаками. При наличии между ними тесных корреляционных связей можно использовать индексы, как маркеры для поиска ценных форм с заданными свойствами [11].

На основании проведенного корреляционного анализа выявлен характер связей между изучаемыми селекционными индексами и урожайностью зерна белорусских сортов тритикале озимого.

Установлено, что независимо от погодных условий вегетации конкретного года и в среднем за годы исследований достоверная сильная положительная корреляционная зависимость была отмечена между *урожаем зерна и индексом продуктивности растений* ($r=0,93^{**}$; $r=0,89^{**}$; $r=0,87^{**}$; $r=0,85^{**}$ и $r=0,91^{**}$) (таблица, рисунок). Сопряженность между *урожаем зерна и канадским индексом* была также достоверной и варьировала от средней до сильной положительной ($r=0,88^{**}$; $r=0,54^{*}$; $r=0,82^{**}$; $r=0,83^{**}$ и $r=0,89^{**}$). Это свидетельствует о существенном влиянии основных признаков, входящих в состав данных селекционных индексов на формирование урожайности зерна белорусских сортов тритикале озимого. Так, в годы исследований между *урожаем зерна и числом зерен в колосе*, а также между *урожаем зерна и массой зерна с колоса* выявлена прямая корреляционная зависимость ($r=0,71^{**}$; $r=0,60^{*}$; $r=0,78^{**}$; $r=0,48$ и $r=0,56^{*}$) и ($r=0,66^{**}$; $r=0,67^{**}$; $r=0,84^{**}$; $r=0,83^{**}$ и $r=0,64^{**}$) соответственно. Это подтверждено и более ранними нашими исследованиями [12].

Между *урожаем зерна и индексом линейной плотности колоса* отмечена положительная сопряженность ($r=0,64^{**}$; $r=0,46$; $r=0,63^{**}$; $r=0,28$ и $r=0,64^{**}$), однако в 2016 г. и 2018 г. она была недостоверной. Определенной за-

кономерности между урожайностью зерна и мексиканским индексом отмечено не было ($r=0,21$; $r=0,13$; $r=0,14$; $r=0,02$ и $r=-0,24$).

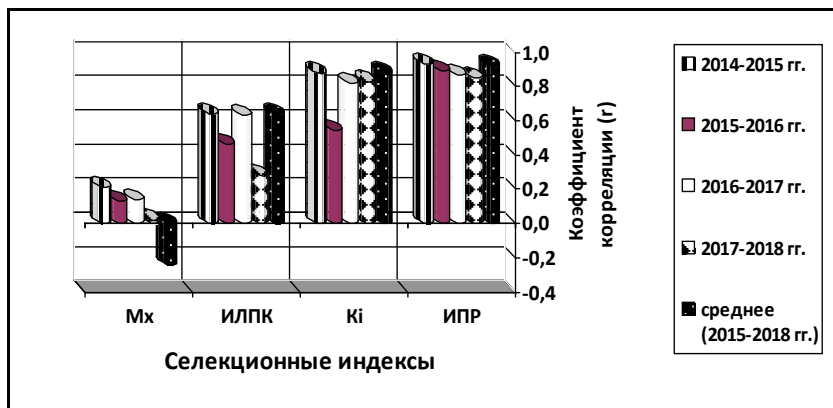


Рисунок – Корреляционная зависимость между урожайностью и селекционными индексами у белорусских сортов тритикале озимого

Заключение

Индекс продуктивности растений (ИПР) и канадский индекс (Ki) наиболее пригодны для отбора высокопродуктивных генотипов тритикале озимого, так как не зависимо от метеорологических условий вегетации у них выявлена достоверная положительная корреляционная связь сильной и средней степени с урожайностью зерна – ($r=0,93^{**}$; $r=0,89^{**}$; $r=0,87^{**}$; $r=0,85^{**}$ и $r=0,91^{**}$) и ($r=0,88^{**}$; $r=0,54^{*}$; $r=0,82^{**}$; $r=0,83^{**}$ и $r=0,89^{**}$) соответственно.

Индекс линейной плотности колоса (ИЛПК) и мексиканский индекс (Mx) не следует использовать в селекции тритикале озимого в условиях Беларуси в качестве маркеров продуктивности, так как корреляционная зависимость с урожайностью зерна у них слабая или не устойчива по годам.

Литература

1. Филиппенко, Ю.А. Изменчивость количественных признаков мягких пшениц / Ю.А. Филиппенко // Классики советской генетики. - М.: Наука, 1968. – С. 409-439.
2. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений / В.А. Драгавцев В.А. [и др.] // Доклады АН ССР. – 1984. – Т.274. – №3. – С. 720-723.
3. Чекалин, Н.М. Оценка образцов мировой коллекции сои по показателям аттрагирующей способности и микрораспределению / Н.М. Чекалин, В.Н. Алпатов // Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1988. – №117. – С.20-25.
4. Драгавцев, В.А. Алгоритмы эколого-генетической инвентаризации генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству / В.А. Драгавцев // Методические рекомендации. – СПб.: ГНЦ ВИР, 1994. – 50 с.
5. Ведмедева, Е.В. Наследование некоторых вегетативных маркерных признаков подсолнечника / Е.В. Ведмедева, В.В. Толмачев // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – 2002. – Т. 1(20). – С.48-50.

6. Тищенко, В.Н. Изменчивость признаков и индексов при группировке селекционных линий озимой пшеницы по индексу линейной плотности колоса / В.Н. Тищенко // ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії. – 2007. – №1. – С. 5-10.

7. Манукян, И.Р. Использование селекционных индексов для оценки адаптивного потенциала коллекционных образцов озимого тритикале к условиям предгорной зоны Центрального Кавказа / И.Р. Манукян, М.А. Басиева // Горное с/х. – 2018. – №2. – С.33-37.

8. Драгавцев, В.А. Эколого-генетическая организация полигенных признаков растений и теория селекционных индексов / В.А. Драгавцев // Молекулярная и прикладная генетика. – 2009. – Т.9. – С.7-13.

9. Кочерина, Н.В. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов / Н.В. Кочерина, В.А. Драгавцев. – СПб : СЦДБ, 2008. – 88 с.

10. Манукян, И.Р. Селекция озимой пшеницы и тритикале для предгорной зоны Северного Кавказа / И.Р. Манукян, М.А. Басиева, В.Б. Абиев. – Владикавказ : ООО НПКП «МАВР», 2018. – 54 с.

11. Вертий, Н.С. Селекционные индексы в оценке ячменно-пшеничных гибридов / Н.С. Вертий // Нива Поволжья – 2016. – №2(39). – С. 9-15.

12. Анализ сопряженности хозяйственно полезных признаков различных по происхождению групп сортов коллекции тритикале озимого / С.И. Гриб [и др.] // Земледелие и селекция Беларуси : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию»; под ред. Ф.И. Привалова. – Минск ИВЦ Минфина, 2018. – Вып. 54. – С. 251-258.

EVALUATION OF SUITABILITY OF SELECTION INDICES FOR SELECTION OF HIGHLY PRODUCTIVE GENOTYPES OF WINTER TRITICALE UNDER THE CONDITIONS OF BELARUS

S.I.Grib, V.N. Bushtevich, E.I. Poznyak, M.A. Dashkevich

*The article shows the evaluation results of suitability of Mexican index (Mx), Canadian index (Ki), spike linear density index (SLDI) and crop productivity index (CPI) for selection of highly productive genotypes based on correlation analysis of the yield of 16 Belarusian varieties of winter triticale with selection indices. It's established that CPI and Ki are suitable for selection of winter triticale breeding material with respect to productivity at early stages of breeding as regardless of meteorological conditions they have accurate positive strong and medium correlations with grain yield: ($r=0.93^{**}$; $r=0.89^{**}$; $r=0.87^{**}$; $r=0.85^{**}$ и $r=0.91^{**}$) and ($r=0.88^{**}$; $r=0.54^{*}$; $r=0.82^{**}$; $r=0.83^{**}$ и $r=0.89^{**}$) respectively.*

УДК 633.112.9«321»:631[526.32+527]

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

Ж.С. Пилипенко, Т.В. Узлик, Е.Л. Полякова, В.А. Гончарова
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 30.03.2021)

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. В результате комплексного изучения 165 коллекционных образцов ярового тритикале различного эколого-географического происхождения выделены источники высокой урожайности, короткостебельности, скороспе-

лости, массы 1000 зерен, высокого содержания сырого протеина, сырой клейковины, крахмала для целенаправленного использования в селекции в условиях Республики Беларусь.

Тритикале – сравнительно молодая культура, созданная человеком в результате объединения геномов представителей двух ботанических родов – пшеницы (*Triticum*) и ржи (*Secale*), поэтому тритикале требует дальнейшего улучшения. Несмотря на существенный прогресс в селекции, ряд недостатков присущ и лучшим современным отечественным и зарубежным сортам. Пока не решены проблемы скороспелости, короткостебельности, устойчивости к болезням и полеганию [1], качества белка, хлебопекарных и кормовых свойств. Для решения существующих проблем в селекции ярового тритикале важную роль занимает использование мирового генофонда.

Питомник исходного материала является первым и очень важным звеном в схеме селекционного процесса. В его состав входит коллекция существующих сортов, образцов, обменный фонд, получаемый из других научных селекционных учреждений различных почвенно-климатических зон.

Проблема исходного материала является центральной в селекции ярового тритикале. В настоящее время все острее ощущается недостаток в исходном материале при создании новых сортов, это касается дефицитных признаков: источников устойчивости к болезням, к стрессовым факторам, наиболее ценным компонентам качества. Трудности возникают в связи с тем, что важнейшие признаки должны сочетаться с ростом потенциала урожайности, который часто находится в отрицательной связи с ними.

Материал, методика и условия проведения исследований. Исследования по изучению коллекционного материала ярового тритикале проводились в 2018-2020 гг. в селекционном севообороте РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Опыт закладывали на среднеокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Предшественник – сахарная свекла. В качестве контроля использовался сорт ярового тритикале селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» *Узор*. Изучаемый генофонд гексаплоидных тритикале чрезвычайно разнообразен не только по морфологическим и биохимическим признакам, но и по геномному составу. Диапазон варьирования различных признаков в коллекции довольно широк, что позволяет использовать перспективные формы для внутривидовой гибридизации. За годы исследований было изучено более 165 образцов коллекции ярового тритикале. Материал для изучения предоставлен ФГБНУ ВИР им. Н.И. Вавилова, ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», ФГНУ Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко, ФГБНУ «Донской зональной НИИСХ», Банком генетических ресурсов культурных растений Беларуси и Украины. Большую часть коллекционного питомника составили образцы из России (65 %), Беларуси (14 %), Мексики (7 %), Украины (11 %). Остальные страны Польша, США, Канада, Франция, Ирак, Аргентина и Австралия представлены 1-3 %.

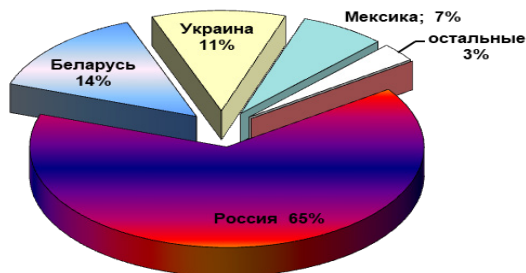


Рисунок – Структура коллекционного питомника ярового тритикале

Обработка почвы, посев и уход за посевами осуществлялись в соответствии с агротехникой возделывания ярового тритикале в Беларуси.

Контрастные погодные условия в период вегетации за годы исследований существенно отличались от средних многолетних показателей как по температурному режиму, так и по количеству осадков, что способствовало проведению разносторонней оценки коллекционного материала.

Закладка питомника исходного материала проводилась согласно общепринятой методике [2]. Изучение коллекции проводилось по методике ВИР, площадь делянки 5 м², норма высева 4,5 млн/га всхожих зерен. Коллекционный материал оценивали по морфобиологическим показателям (высота растений, продуктивная кустистость, масса 1000 зерен и другие) и качеству зерна (содержание сырого протеина, сырой клейковины, крахмала). Устойчивость к полеганию и болезням оценивали по 9-ти бальной шкале.

Целью исследований было изучение продуктивности и морфобиологических признаков, и свойств образцов коллекции ярового тритикале. Выделение источников хозяйственно-ценных признаков, необходимых для целенаправленного селекционного процесса.

Результаты исследования и их обсуждения. При работе с селекционными образцами наряду с выявлением высокопродуктивных генотипов большое значение имеет анализ способности сортов сочетать высокую урожайность и качество зерна [3-5].

Первостепенной и важной задачей селекции тритикале является создание короткостебельных, устойчивых к полеганию сортов. Анализ высоты растений изучаемой коллекции за годы исследования позволяет выделить 5 групп. Наиболее высокорослыми были сорта *Tricépico* (125 см), *IRA* (115 см), *ПРАГ-552*, *Лебідь Харківський* (114 см), *ПРАГ-С-448* (113 см), *Кунак*, *Борвітень Харківський*, *Дархліба Харківський*, *Квадро* (111 см) и другие. Высоту стебля ниже, чем у контроля сорта *Узор* (102 см), достоверно имели 57 % образцов. А

источниками короткостебельности могут служить сортообразцы 4А-577 (55 см), *Armadillo* (68 см), *TS-41* (78 см), *Mizar* (80 см), *Местное*, 8066, *Ярик-11* и *Кентавр Т-4854* (83 и 85см).

В результате исследований были определены основные хозяйственно ценные признаки для селекции ярового тритикале – урожайность и качество зерна. За годы исследования урожайность зерна у изучаемых сортов коллекции ярового тритикале находилась в пределах от 31,4 ц/га (*ПРАГ 554*) до 84 ц/га (*Т-313*). В среднем за 3 года изучения коллекции урожайность сорта *Узор* составила 65,9 ц/га. Были выделены сортообразцы, которые формировали урожайность зерна существенно выше контроля. Наибольшую прибавку урожайности обеспечили сорта и сортообразцы *Заозерье* – 9,7 ц/га, *Т-314* – 9,5 ц/га, *Браво* – 8,6 ц/га, *Т-323* – 8,5 ц/га, *Лотас* – 8,3 ц/га, *Виктория* – 8,0 ц/га, *Доброе* – 6,7 ц/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность лучших образцов ярового тритикале (среднее за 2018-2020 гг.)

Сорт, образец	Урожайность зерна, ц/га				± к контролю	% к контролю
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее		
Узор (контроль)	58,6	66,1	73,0	65,9	К	К
Заозерье	85,3	72,4	69,1	75,6	+9,7	115
Т-313	84,0	75,0	67,1	75,4	+9,5	114,4
Браво	67,9	83,7	71,9	74,5	+8,6	113
Т-323	80,0	76,4	66,8	74,4	+8,5	112,9
Лотас	65,2	79,3	78,1	74,2	+8,3	112,6
Виктория	88,0	74,5	59,3	73,9	+8,0	112
Доброе	88,2	76,7	52,8	72,6	+6,7	110
Новое	61,7	87,9	61,1	70,2	+4,1	106
Дело	47,1	92,7	67,1	69,0	+3,1	105
НСР ₀₅	3,4	12,4	15,7			

Изучаемые сорта коллекции по-разному реагировали на метеорологические условия, складывающиеся в период вегетации. Продуктивная кустистость восполняет густоту стеблестоя и является биологическим приспособлением растения к условиям среды. Установлено, что продуктивная кустистость в коллекции варьировала от 1,2 шт./м² (**Узор**) до 6,3 шт./м² (*Аморе*) (таблица 2).

Большинство образцов коллекции ярового тритикале имели не выровненный и изреженный стеблестой. У изучаемых коллекционных образцов колоски многозерные, в них завязывается от 2 до 4 зерен. За годы изучения в среднем этот показатель у контрольного сорта *Узор* составил 46,8 шт. У изучаемой группы коллекционных образцов данный показатель варьировал от 31 (*АМ 2147*, *Хайкар*) до 57,8 зерен (*Т-359*). Более 50 зерен в колосе отмечены у образцов *Т-359*, *Т-358* (RUS), *Воля Харківська*, *Гусар Харківський* (Украина), *Матейко* (Польша).

Масса 1000 зерен зависит от метеорологических условий в период вегетации и особенно в период от колошения до восковой спелости. Избыток или недостаток осадков в период от колошения до восковой спелости одинаково от-

Таблица 2 – Характеристика биометрических признаков сортов и образцов коллекции ярового тритикале (среднее за 2018-2020 гг.)

Сорт, образец	Страна	Продуктивная кустистость, шт./м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Узор (контроль)	РБ	1,2	46,8	42,7
Квадро	Россия	2,5	46,3	36,0
Россика	Россия	2,5	47,0	45,5
Аморе	Россия	6,3	44,0	41,3
Заозерье	Россия	1,8	43,5	40,5
Кунак	Россия	2,1	42,4	48,9
T-359	Россия	1,7	57,8	43,4
T-358	Россия	2,1	51,6	45,5
Воля Харківська	Украина	3,8	55,6	41,0
Гусар Харківський	Украина	3,6	50,9	39,7
Зліт Харківський	Украина	2,7	48,9	45,1
Матейко	Польша	2,6	50,0	43,6

рицательно сказывается на массе 1000 зерен. Масса 1000 зерен в среднем за годы исследования в коллекции варьировала в пределах от 36,0 г (*Квадро*) до 60,6 г (*11-265 ЯТ-11*). Масса 1000 зерен более 50 г отмечена у 50 % образцов.

Ценность ярового тритикале определяется не одной лишь урожайностью. Важно сочетать урожайность с высоким качеством зерна [7]. Одним из показателей качества зерна является содержание в нем сырого протеина. Яровое тритикале – это зернофуражная культура, поэтому содержание сырого протеина в зерне является важнейшим критерием качества, так как с ним связаны питательные и кормовые достоинства культуры. Установлено, что на содержание сырого протеина в зерне тритикале в большей степени оказывают влияние физические дефекты зерновки (морщинистая с вмятинами поверхность, глубокая бороздка, грубая оболочка и т.д.): чем сильнее выражены такие дефекты у зерновки, тем больше содержание в них белка.

Максимальное содержание сырого протеина в зерне отмечено у 7 образцов: *ПРАГ 483* (16,0 %), *Аморе* (15,2 %), *09-214 ЯТ-16 Cabba*, *Ярик 11*, *T-334* (14,9 %), *Норман* и *Заозерье* (14,6 %), а у контроля *Узор* – 13,0 %.

Не менее важным технологическим показателем является содержание сырой клейковины в зерне и ее качество, что позволяет объективно судить о хлебопекарных свойствах сортообразцов [7]. Изучив коллекционные образцы, выявили, что высоким содержанием сырой клейковины отличаются сорта белорусской селекции *Доброе* (24,3 %), *Лотас*, *Браво*, *Рубин* (22,6 %), а также сортообразцы российской селекции *ПРАГ-483* (23,5 %), *Заозерье* (22,9 %), *Ярило* (22,6 %), *T-334* и *T-388* (22,1 %) и сорт украинской селекции *Гусар Харківський* (22,6 %).

Крахмал синтезируется и накапливается в зерне в качестве основного источника энергии. Зерно тритикале является перспективным сырьем для производства крахмала и крахмалопродуктов [7, 8]. Содержание крахмала в зерне

изученных коллекционных образцов в разные годы исследований было достаточно высоким и составляло 68,0-73,9 %. В результате изучения коллекции ярового тритикале выявлены образцы, которые могут служить источником ценных признаков для селекции (таблица 3).

Таблица 3 – Источники хозяйственно-ценных признаков для селекции ярового тритикале в условиях Беларуси

Признак	Показатель	Источники признаков
Урожайность зерна	> 7 т/га	Узор, Гелио, Доброе, Виктория, Воля Харьковська, Квадро
Короткостебельность	55-85 см	4А-577, Armadilo, TS-41, Mizar, Местное, Т-8066, Ярик-11, Кентавр Т-4854
Скороспелость	< 96 дней	Россика, Хайкар, Саур, Хлибодар Харьковський, Вуйко, ПРАГ 483, ЯТХ-2412-14, Гусар Харьковський
Число зерен в колосе	> 50 шт.	Т-359, Т-358, Воля Харьковська, Гусар Харьковський, Матейко
Масса 1000 зерен	> 45 г.	Т-378, Квадро, Т-388, Т-8059, Т-378, Т-395, Т-388
Содержание сырого протеина	> 14 %	ПРАГ 552, ПРАГ 554, Т-346, Samson
Содержание сырой клейковины	> 22 %	Доброе, Лотас, Браво, Рубин, ПРАГ-483, Заозерье, Ярило, Т-334, Т-388, Гусар Харьковський
Содержание крахмала	> 65 %	Квадро, Т-378, Т-388, Т-333, Гусар Харьковський, ЯТХ 2414-14

Заключение

В результате комплексного изучения коллекции ярового тритикале различного эколого-географического происхождения выделены для использования в селекции ярового тритикале следующие генетические источники хозяйственно-ценных признаков:

- высокого содержания сырого протеина: *ПРАГ -552, ПРАГ 554, Т-346, Samson*;
- высокого содержания сырой клейковины: *Доброе, Лотас, Браво, Рубин, ПРАГ-483, Заозерье, Ярило, Т-334, Т-388, Гусар Харьковський*;
- короткостебельности: *4А-577, Armadilo, TS-41, Mizar, Местное, Т-8066, Ярик-11 и Кентавр Т-4854, Ярик 11*;
- скороспелости: *Россика, Хайкар, Саур, Хлибодар Харьковський, Вуйко, ПРАГ 483, ЯТХ-2412-14, Гусар Харьковський*;
- высокой урожайности: *Доброе, Виктория, Воля Харьковська, Квадро*.

Литература

1. *Гриб, С.И.* Приоритетные направления селекции тритикале на основе отдаленных скрещиваний / С.И. Гриб, В.Н. Буштевич, Л.В. Новикова // Проблемы производства продукции растениеводства и пути их решения: матер. Межд. науч.-практ. юбилейной конф., посвященной 160-летию Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горьки: БГСХА, 2000. – Ч.1. – С 156-159.

2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Гриб, С.И. Генофонд. Методы и приоритеты селекции ярового тритикале в Беларуси / С.И. Гриб [и др.] // Инновационные сорта и технологии возделывания ярового тритикале / Всерос. научно-исслед. Ин-т орган. удобр. и торфа; редкол.: С.М. Лукин (гл. ред.) [и др.]. – Владимир Иваново, 2017. – С. 59-79.

4. Драговцев, В.А. Механизм воздействия генотип-среда и гомеостаз количественных признаков растений / В.А. Драговцев, А.Ф.Аверьянова // Генетика. – 1983. – Т. 19, № 4. – С. 1806-1810.

5. Эколого-генетический подход к селекции растений (на примере хлопчатника и тритикале) / В.А. Бободжанов [и др.]; ВНИИР им. Вавилова; под общ. ред. В.А. Бободжанов. – СПб, 2002. – 112 с.

6. Баранов А. Устойчивость озимой ржи к прорастанию в колосе / А. Баранов, Л. Романов // Новое в селекции, семеноводстве, технологии возделывания ржи и опыт использования Кампозана: тез. докл. V Всес. научно-мет. совещ., Саратов, 1-3 июля 1981. – М., 1981. – С. 79-80.

7. Пилипенко, Ж.С. Результаты изучения исходного материала для селекции ярового тритикале / Ж.С. Пилипенко // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – Вып. 51. – С. 302-308.

8. Андреев, Н.Р. Технологии использования зерна тритикале и его продуктов переработки / Н.Р. Андреев [и др.] // Роль тритикале в стабилизации и увеличения производства зерна и кормов: матер. межд. науч.-практ. конф.; редкол.: А.И. Грабовец [и др.]. – Ростов н/Д, 2010. – Вып. 4: Тритикале: генетика, селекция, агротехника, использование зерна и кормов. – С. 211-215.

EVALUATION OF SPRING TRITICALE COLLECTION ACCESSIONS IN TERMS OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS

Zh.S. Pilipenko, T.V. Uglik, E.L. Polyakova, V.A. Goncharova

As a result of a comprehensive study of 165 spring triticale collection accessions of different ecological and geographical origin the sources of a high yield, short stalks, early ripeness, 1000 grain weight as well as the sources of a high content of crude protein, crude gluten, starch have been identified for targeted use in breeding under the conditions of the Republic of Belarus.

УДК 633.11«324»:631.527(476)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А.С. Будько, научный сотрудник, **В.Н. Войтова**, научный сотрудник,
С.И. Гордей, кандидат биол. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 30.03.2021)

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты изучения параметров развития первичной и вторичной корневой системы у коротко- и длинностебельных образцов озимой пшеницы для создания высокопродуктивных сортов, пригодных для почв разного уровня плодородия. Выделены лучшие по темпам

прироста зародышевых, вторичных корней и общей массе корневой системы генотипы. Установлено, что у средне- и длинностебельных образцов длина и масса корней на 10-20 % выше, чем у короткостебельных. Установлено, что генотип оказывает решающую роль в формировании параметров первичной и вторичной корневой системы, это свидетельствует о необходимости включения этих признаков в селекционные программы для создания и отбора более продуктивных и адаптивных к различным почвенным условиям сортов.

Корневой системе в онтогенезе растений, в том числе и озимой пшеницы, принадлежит важная роль. От ее функционирования зависит развитие и продуктивность всего растения. Корневая система является посредником между почвой и растением, обеспечивая последнее водой и минеральными соединениями. От прохождения первого этапа органогенеза в дальнейшем зависит продуктивность растений, которая в значительной степени определяется мощностью развития их корневой системы [6].

Согласно данным многих исследований, по уровню развития зародышевой корневой системы (длина, количество первичных корешков, объемная масса) можно судить о продуктивности растений [7, 9]. Растения, сохраняющие высокую интенсивность ростовых процессов зародышевых корней в период перехода от гетеротрофного питания к автотрофному, образуют в дальнейшем развитую корневую систему, «захватывают» больший объем почвы и оказываются более продуктивными [12].

Выносливость растения в более или менее благоприятных окружающих условиях отчасти зависит от развития корня. Наиболее чувствительным органом растений к условиям внешней среды является корень. Почва оказывает влияние на растения, главным образом, через их корневую систему [10].

Корневые системы пластичны и резко реагируют на изменения условий своего роста и деятельности [13]. Главными факторами, влияющими на характер развития корневых систем, являются влажность, проницаемость, аэрация и химизм почвы (наличие питательных веществ, реакция среды), свет [5].

Таким образом, при селекции озимой пшеницы важным направлением является изучение элементов первичной и вторичной корневой системы.

Целью наших исследований было провести сравнительное изучение параметров развития первичной и вторичной корневой системы у коротко- и длинностебельных образцов озимой пшеницы для создания высокопродуктивных сортов, пригодных для почв разного уровня плодородия.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводились в течение 2019-2020 гг. в условиях фитотронно-тепличного комплекса (ФТК) РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Объектом исследований были десять коллекционных и десять селекционных образцов озимой пшеницы разного экологического происхождения, различающихся по высоте стеблестоя.

Для определения элементов первичной корневой системы и сравнительного изучения темпов прироста зародышевых корешков был применен метод про-

ращивания семян в рулонах в растворе Кнопа. При проведении данного опыта руководством служило научное издание Г.Н. Алексейчука и Н.А. Ламана «Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки» [1]. Проращивание растений осуществлялось в «световой камере» при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и общепринятых режимах освещенности и влажности воздуха. Учеты длины первичных корней (д.к.) проводили на 3-й, 7-й и 12-й день. Темпы прироста первичных корешков рассчитывали по формуле:

$$(\text{д.к. на 12-й день} - \text{д.к. на 7-й день}) / \text{д.к. на 7-й день} \times 100.$$

Дальнейшие исследования с выделенными образцами были заложены в условиях ФТК в сосудах на дерново-подзолистой супесчаной и тяжелосуглинистой почвах с моделированием разного уровня плодородия. Фотопериод для растений составлял 17 часов. Согласно системе предпосевной подготовки почвы для озимой пшеницы полную дозу фосфорных и калийных (P_2O_5 и K_2O) удобрений внесли при просеивании почвы из расчета калийные в дозе 120 кг/га, фосфорные 90 кг/га. Внесение различных доз азота (N) осуществлялось в виде корневой подкормки – N_{70+30} и $\text{N}_{70+80+50}$. Подкормка азотом из расчета 70 кг/га проводилась в стадию ДК 21-24. В фазу формирования растениями 1-го узла при его диагностировании от узла кущения на расстоянии 1 см (ДК 31) в варианте с наименьшей дозой азота в сосуды вносили 30 кг/га д.в., в варианте с максимальной дозой азота N_{200} внесли 80 кг/га д.в. В варианте с высокой дозой азота в фазу развернутого флагового листа (ДК 37-39) удобрение внесено в дозе 50 кг/га д.в. При достижении растениями стадии ДК 57-59 проводили отмыв корней от почвы. Этот процесс проходил поэтапно, сначала в стоячей, а затем в проточной воде. При таком методе максимально минимизировалась потеря мелких корешков. Далее измеряли их длину, сырую и высушенную массу корневой системы каждого образца [2]. Все варианты опытов проводили в трехкратной повторности.

















Изучали вторичную корневую систему по В.А. Рожкову [и др.] «Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории» [11].

Данные исследований статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [4] с помощью пакета программ, входящих в состав Microsoft Excel и с применением компьютерной программы «АВСТАТ».

Результаты исследований и их обсуждение. В лабораторных условиях проведено изучение темпов прироста зародышевых корешков двадцати образцов озимой пшеницы разного экологического происхождения, различающихся по длине стебля, методом проращивания в рулонах в растворе Кнопа (таблица 1).

Исходя из данных таблицы 1, наибольшим темпом прироста первичных корешков отличался образец озимой пшеницы 18, у которого прирост составил 42,5 %. Наименьший прирост отмечен у образца 13, что ниже лучшего варианта на 23,9 %. Самые длинные корешки (14,9 см) сформировались у образца 1, при этом темп прироста данного образца был выше среднего и составил 31,9 %, что на 10,6 % ниже лучшего варианта.

Таблица 1 – **Параметры развития первичных корешков озимой пшеницы**

№ образца	Максимальная длина зародышевого корня, см		Темпы прироста корней, %
	на 7-й день	на 12-й день	
13	10,9	13	 18,6
17	9,2	11,5	 20,4
3	11	13,6	 22,5
9	10,4	13,1	 23,9
10	9,6	12,3	 23,9
6	10,6	13,4	 25,2
8	7,8	10,7	 25,7
2	11,3	14,3	 26,5
4	10,9	14	 27,7
12	10,3	13,5	 28,3
15	9,7	13	 29,2
16	10,2	13,5	 29,2
7	10,6	14,1	 30,7
1	11,3	14,9	 31,9
5	10,1	13,7	 31,9
11	10,4	14	 31,9
20	9,2	13,1	 34,5
19	10	14,1	 36,3
14	7,2	11,5	 38,1
18	8,4	13,2	 42,5

НСР₀₅

5,17%

Ранее было установлено, что темпы прироста зародышевых корней тесно коррелируют с уровнем урожайности. Следовательно, можно заключить, что образец 18 характеризуется наиболее высоким генетическим потенциалом урожайности. Исследования С.Л. Петуховского, Ю.С. Ларионова, О.А. Ларионовой (2013), Л.К. Бутковской, Д.Н. Кузьмина, Г.М. Агеевой (2019) также подтверждают связь продуктивности растений с параметрами развития первичной корневой системы. Так, в своих опытах они отмечают сильную положительную корреляционную связь урожайности с параметрами развития органов проростков [13].

Помимо исследования темпов прироста зародышевых корней проводили изучение закономерностей формирования общей массы корневой системы образцов озимой пшеницы в условиях ФТК на разных типах почв по гранулометрическому составу и с моделированием разного уровня плодородия. По нашему мнению, при выполнении данного вида исследований наиболее эффективно использование искусственного климата, так как исключается действие многих абиотических и биотических факторов, влияющих на точность опытов (таблица 2).

Данные таблицы 2 показывают, что наибольшая длина и масса корневой системы по анализируемым селекционным образцам озимой пшеницы была сформирована на супесчаной почве. При дозе азотного питания N_{100} превышение составило в среднем 4,2 см и 0,46 г соответственно, при внесении N_{200} 4,4 см и 0,27 г. Различия параметров корневой системы образцов на тяжелой и легкой почве относительно не велики, но полученные данные свидетельствуют, что на супесчаной почве корни развиваются лучше, при этом данная тенденция прослеживается по всем генотипам.

Таблица 2 – Параметры развития корневой системы озимой пшеницы на различных типах почв при дозе азотного питания N_{100} и N_{200}

Образец	Длина корней, см				Вес высушенных корней, г			
	Тип почвы по гранулометрическому составу							
	супесь		тяжелый суглинок		супесь		тяжелый суглинок	
	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀
1	27,4	17,3	20,8	16,7	3,2	1,7	2,1	1,6
2	23,8	21,3	19,5	20,2	2,3	2,5	1,9	2,1
3	21,3	19,7	16,1	15,8	2,1	1,9	1,6	1,5
4	22,7	21,7	17,4	18,3	2,2	2,1	1,7	1,8
5	27,5	20,8	21,8	19,2	2,7	2,1	2,1	1,9
6	22,5	21,4	17,8	17,5	2,2	2,1	1,7	1,7
7	28,8	24,5	22,5	20,5	2,8	2,4	2,2	2,1
8	21,6	19,3	18,3	17,5	2,1	1,9	1,8	1,7
9	18,3	17,5	15,3	14,3	1,8	1,7	1,5	1,4
10	17,5	15,6	14,2	13,3	1,7	1,5	1,4	1,3
11	20,5	17,8	18,2	17,3	2,1	1,7	1,8	1,4
12	18,3	18,3	15,4	16,8	1,8	1,8	1,5	1,6
13	16,5	15,3	13,3	12,6	1,6	1,5	1,3	1,2
14	24,2	23,5	22,3	21,3	2,4	2,3	2,2	2,1
15	21,7	21,1	17,4	19,3	2,2	2,1	1,7	1,9
16	21,3	21,3	18,2	18,5	2,1	2,1	1,8	1,8
17	17,7	18,3	15,1	16,3	1,7	1,8	1,5	1,6
18	29,2	27,5	27,3	24,7	2,9	2,7	2,3	2,4
19	27,3	20,3	20,3	16,3	2,7	2,1	2,1	1,6
20	25,1	13,7	18,3	10,9	2,5	1,3	1,8	1,1
НСР ₀₅ подкормка	1,32		1,14		0,37		0,31	
НСР ₀₅ образец	4,19		3,59		1,18		1,22	

При сравнении параметров корневых систем на разном уровне азотного питания прослеживается тенденция к уменьшению показателей при подкормке азотом в дозе N_{200} . В среднем по образцам на супесчаной почве длина корней снизилась на 2,9 см, масса высушенных корней на 0,29 г. На тяжелосуглинистой почве данные параметры снизились на 1,11 см и 0,11 г соответственно.

Избыток азота привел к более мощному развитию надземной части растений, при этом на развитие корневой системы оказывалось негативное влияние.

В целом из анализируемых генотипов селекционный образец 18 показал самые высокие показатели параметров корневой системы во всех вариантах опыта. Максимальная длина корней данного образца составила 29,2 см на супесчаной почве при средней массе высушенных корней 2,9 г. Худшие показатели были отмечены у образца 13. Максимальная длина корней на супеси составила 16,5 см, вес корней 1,6 г, что, соответственно, на 12,7 см и на 1,3 г ниже, чем у лучшего образца по данным характеристикам. Также высокие показатели развития корневой системы отмечаются у селекционных образцов 7, 5, 1, 19, 20, 14, различие их параметров в сравнении с лучшим образцом были несущественными. Данные образцы, включая образец 18, относятся к длинностебельному генотипу.

Проведен корреляционный анализ параметров корневой системы изучаемых образцов озимой пшеницы, результаты анализа представлены на рисунке.

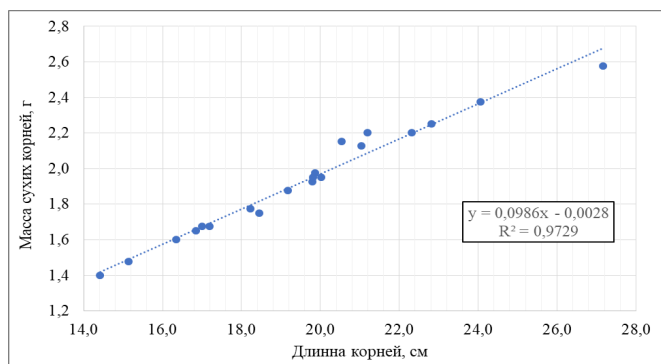


Рисунок – Связь между длиной корневой системы и массой высушенных корней

В результате проведения корреляционного анализа параметров развития корневой системы образцов озимой пшеницы (рисунок 1) была установлена сильная положительная связь ($r = 0,98$) между длиной корней и массой высушенных корней. Анализировались средние результаты измерения длины корневой системы и массы корней по всем вариантам опыта.

Заключение

По итогам исследования параметров развития первичной и вторичной корневой системы у коллекционных и селекционных образцов озимой пшеницы выделены лучшие по темпам прироста зародышевых, вторичных корней и общей массе корневой системы генотипы. Установлено, что у средне- и длинностебельных образцов длина и масса корней была на 10-20 % выше, чем у короткостебельных.

После статистической обработки результатов исследований выделено 7 образцов (18, 7, 5, 1, 19, 20, 14), которые характеризовались более интенсивным приростом первичных корешков и формированием наибольшей длины и массы корней.

Выявлены особенности формирования массы корневой системы у коротко- и длинностебельных образцов озимой пшеницы на тяжелых и легких по гранулометрическому составу типах почв (тяжелосуглинистая, супесчаная) при разных дозах азотных удобрений в условиях искусственного климата. Установлено, что генотип оказывает подавляющую роль в формировании параметров первичной и вторичной корневой системы, что свидетельствует о необходимости включения этих признаков в селекционные программы для создания и отбора более продуктивных и адаптивных к различным почвенным условиям сортов.

Литература

1. *Алексейчук, Г.Н.* Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г.Н. Алексейчук, Н.А. Ламан. – Минск: Право и экономика, 2005. – 48 с.
2. *Безлюдный, В.Н.* Определение содержания сухого вещества в зеленой массе зерновых культур с использованием ближней инфракрасной спектроскопии / В. Н. Безлюдный, К.Г. Шашко, В.В. Холодинский // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; гл. ред. Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – Вып. 50. – С. 256-262.
3. *Бутковская, Л.К.* Оценка урожайных свойств партий семян сортов яровой пшеницы по параметрам органов проростков в условиях Красноярской лесостепи / Л.К. Бутковская, Д.Н. Кузьмин, Г.М. Агеева // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 7. – С. 37-40.
4. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. // Учебник для студентов высших с.-х. учебных заведений. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 346 с.
5. *Колосов, И.И.* Поглощительная деятельность корневых систем растений / И. И. Колосов. – Москва : Акад. наук СССР, 1962. – 388 с.
6. *Марченко, Л.В.* Динамика развития зародышевой корневой системы сортов яровой мягкой пшеницы разного экологического происхождения / Л.В. Марченко // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 2 – С. 94-98.
7. *Новохатин, В.В.* Динамика развития зародышевых корней у яровой мягкой пшеницы / В.В. Новохатин, Г.Т. Сыздыкова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Тюменской области: сб. науч. тр. – Новосибирск, 2003. – С. 202-211.
8. *Петуховский, С.Л.* Фенотипическая изменчивость органов проростков семян яровой пшеницы как критерий урожайных свойств генотипа сорта в конкретных условиях выращивания / С.Л. Петуховский, Ю.С. Ларионов, О.А. Ларионова // Омский научный вестник. – 2013. – № 2 (124) – С. 71-75.
9. *Полонский, В.И.* Оценка зерновых злаков на устойчивость к неблагоприятным экологическим факторам / В.И. Полонский, Н.А. Сурин. – Новосибирск, 2003. – 128 с.
10. *Рассел, Э.* Почвенные условия и рост растений / пер. с англ. И. М. Спичкина ; под ред. Н. П. Ремезова. – 4-е изд. – Москва : Изд-во иностр. лит., 1955. – 624 с.
11. *Рожков, В.А.* Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории : учеб.-метод. пособие / В.А. Рожков, И.В. Кузнецова, Х.Р. Рахматуллоев. – 2-е изд. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 51 с.
12. *Шевелуха, В.С.* Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В.С. Шевелуха. – М.: Колос, 1992. – 597 с.
13. *Шенников, А.П.* Экология растений : учеб.-метод. пособие / А.П. Шенников. – Москва : Сов. наука, 1950. – 376 с.

FEATURES OF ROOT SYSTEM FORMATION OF WINTER WHEAT

A.S.Budzko, V.N.Voitova, S.I.Hardzei

The article presents the results of the study of the parameters of the primary and secondary root system development in short- and long-stemmed samples of winter wheat for the creation of high yield varieties suitable for soils with different fertility levels. The best genotypes are identified in terms of growth rates of embryonic and secondary roots and the total weight of the root system. It's established that in medium- and long-stemmed samples the length and weight of roots is 10-20% higher than in short-stemmed ones. It's identified that the genotype plays a crucial role in forming the parameters of the primary and secondary root system, which witnesses the need to include these traits in breeding programs for the development and selection of varieties that are more productive and adaptable to different soil conditions.

УДК 633.11 «324»:631.527(476)

ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ

*А.С. Будько, научные сотрудник, В.Н. Войтова, научный сотрудник
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 02.04.2021)*

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты лабораторной оценки засухоустойчивости сортообразцов озимой пшеницы по способности семян прорасти на осмотически крепких растворах сахарозы и сравнение полученных данных с их полевой продуктивностью. По итогам исследований выделены ценные селекционные образцы, которые характеризовались более высокой продуктивностью в засушливых условиях произрастания. Установлена высокая корреляционная связь между урожайностью и уровнем засухоустойчивости озимой пшеницы при анализе в лабораторных условиях на растворе сахарозы высокой концентрации, что говорит о целесообразности применения данного метода в селекционных программах.

Несмотря на то, что территория Республики Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения, проблема засух и засушливых явлений, ведущих к снижению урожайности, весьма актуальна. Согласно проведенным в Белгидромете исследованиям, за прошедшие тридцать лет произошло существенное увеличение повторяемости почвенных засух. Майские почвенные засухи в Гомельской и Брестской областях случаются в шести-семи годах из десяти. В остальных областях повторяемость майских засух также возросла, наиболее существенно в северном регионе – в среднем наблюдается в двух-трех годах из десяти. Чаще всего почвенные засухи бывают в летний сезон. В июне, июле и августе на территории южных областей повторяемость таких засух составляет 70-93 %, в Гродненской и Минской областях 57-77 %, в Могилевской и Витебской 50-57 %. Нередко во время активной вегетации растений засуха может удержи-

ваться на протяжении месяца и более. В Брестской и Гомельской областях почвенные засухи продолжительностью месяц и более случались в 7-9 лет из 10, в Гродненской, Минской и Могилевской в 5-6, в Витебской в 3 годах из 10 [1].

В условиях возрастающей нестабильности климата понимание физиологических основ различий и устойчивости растений к действию неблагоприятных внешних факторов очень важно для создания новых высокопродуктивных сортов [3].

Основной составной частью растений является вода. Она принимает участие в процессах транспорта веществ, метаболизме, терморегуляции, обуславливает структуру клетки и тургорное состояние всего растения. Значительный недостаток воды в воздухе и почве тормозит рост и развитие растений, а, следовательно, снижает продуктивность [6].

На формирование урожая зерна в размере 10 ц/га пшеница расходует 500-1000 м³ воды, что равно 50-100 мм осадков [8].

В связи с этим проблемы повышения засухоустойчивости растений являются общебиологическими и необходимость их решения продиктована потребностью сельского хозяйства нашей страны в получения высоких урожаев при неблагоприятных условиях. Основная роль в решении данной задачи принадлежит селекции.

По устойчивости к засушливым явлениям сорта озимой пшеницы неодинаковы. Определение засухоустойчивости лабораторными методами позволяет провести первичный анализ и вполне объективно характеризовать относительную устойчивость образцов пшеницы на раннем этапе развития растений; в определенной мере судить и об адаптационных возможностях взрослых растений, что говорит об актуальности проводимых исследований.

Способность растений на ранних этапах развития использовать влагу в условиях недостаточного водоснабжения и повышенной концентрации почвенных растворов является одним из важнейших биологических и хозяйственно-полезных признаков.

Определять засухоустойчивость растений по сосущей силе, которую развивают семена при прорастании на растворе сахарозы, впервые предложил А. Бухингер в 1927 г. [7]. Данный метод применяют многие ученые. Т.В. Олейникова и Ю.Ф. Осипов в своих исследованиях подтвердили положительную зависимость между повышенными осмотическими показателями проростков и засухоустойчивостью сорта – чем выше сосущая сила, тем сорт является более засухоустойчивым [4].

Таким образом, целью исследований является анализ засухоустойчивости сортообразцов озимой пшеницы для создания высокопродуктивных сортов, адаптированных к засушливым условиям.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2018-2019 гг. в условиях фитотронно-тепличного комплекса (ФТК) и на полях в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Объектом исследования служили селекционные образцы озимой пшеницы. Контролем (К) был сорт озимой пшеницы *Элегия*.

Диагностику устойчивости растений к дефициту влаги проводили по степени прорастания семян в осмотических растворах высокой концентрации. Для получения осмотического раствора использовали сахарозу. Высокий процент проросших семян отражает способность сортообразца использовать недостающие запасы влаги в почве, что говорит о его засухоустойчивости [4].

Для получения сведений о продуктивности изучаемых сортообразцов были проведены полевые испытания. Почва опытного участка дерново-подзолистая с содержанием гумуса (по Тюрину) 2,67-3,23 % и кислотностью (рН (KCl) 5,13-6,03; с содержанием подвижных P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – соответственно 262-280 и 330-376 мг/кг почвы.

Все технологические работы по возделыванию озимой пшеницы проводили в соответствии с организационно-технологическими нормативами [5]. При проведении исследований руководствовались методикой полевого опыта [2].

Посев проводили высококачественными семенами в первой декаде сентября с нормой высева 4,0 млн всхожих семян на гектар сеялкой Wintersteiger по методике двухфакторного опыта методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности с учетной площадью делянки 10 м². Посевной материал обеззараживали протравителем Баритон, КС в норме 1,5 л/т. Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили из расчета 75 кг/га действующего вещества (д. в.) и калийные (хлористый калий) – 120 кг/га д.в. Азотные удобрения (карбамид) вносили в виде трех подкормок: первая – при возобновлении весенней вегетации пшеницы озимой из расчета 60 кг/га д.в., вторая – в фазу конца кущения – начало выхода в трубку – 50 кг/га д.в. и третья при появлении флагового листа в дозе 40 кг/га д.в.

Для защиты посевов от сорной растительности осенью применяли гербицид Алистер Гранд, МД в фазу кущения (ДК 11-13) в норме 0,7 л/га. Фунгицидную обработку посевов проводили препаратом Зантара, КЭ при норме 0,8 л/га в фазу (ДК 37-39). Половинную норму (0,2 л/га) ретарданта Моддус, КЭ вносили в фазу (ДК 30-31). Для защиты колоса от болезней использовали фунгицид Прозаро, КЭ, опрыскивание проводили в фазу (ДК 61-63) с нормой расхода препарата 0,8 л/га.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2018-2019 гг.) существенно отличались от среднесуточных значений и между собой. В 2018 г. апрель выдался очень теплым. Температура воздуха (по данным метеостанции г. Борисов) во все декады была выше климатической нормы на 2,0-4,0 °С. В мае и первой декаде июня было тепло и сухо. Среднесуточная температура воздуха превышала климатические нормы на 0,6-6,0 °С, а количество осадков составило всего 0-22 мм. Это способствовало быстрому прохождению стадий развития растений, что привело к недобору урожая. Улучшению условий произрастания озимой пшеницы способствовали дожди (53-77 мм от нормы), прошедшие во вторую и третью декады июня, а также избыточное количество осадков в первой и второй декадах июля (136-189 мм от нормы) при средней температуре воздуха 16,2-20,1 °С. Повышенная температура воздуха в кон-

це июля – начале августа, которая сложилась на 2,9-3,1 °C выше нормы, способствовала быстрому и дружному созреванию зерна и проведению уборки в ранние сроки. Количество атмосферных осадков за май – август было ниже среднееголетних значений на 19,6 % при крайне неравномерном их выпадении. Гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,17 при норме для нашего региона 1,63.

Период роста растений 2019 года характеризовался еще более нестабильными погодными условиями, чем в 2018 г. Слабое увлажнение почвы в мае и сохраняющийся дефицит осадков большую часть июня вызвал существенное уменьшение содержания влаги в почве и обусловил возникновение почвенной засухи. Из-за высоких температур и недостатка влаги в почве ухудшились условия для формирования и налива колоса озимой пшеницы. В июле преобладала неустойчивая прохладная погода. Средняя температура воздуха за месяц составила +15 °C, что на 2,5 °C ниже климатической нормы. Количество осадков в июне оказалось близким климатической норме. Июль характеризовался преобладанием неустойчивой прохладной погоды. Средняя температура воздуха за месяц составила от +15 °C, что в основном на 1-2,5 °C ниже климатической нормы. Количество осадков в июле было в районе климатической нормы. Количество атмосферных осадков за май – август было выше среднееголетнего уровня на 11,8 %, но дожди проходили крайне неравномерно, что привело к дефициту влаги в весенне-летний период. ГТК составил 1,73 при среднееголетнем значении – 1,62.

Данные исследований статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [2] с помощью пакета программ, входящих в состав Microsoft Exce» и с применением компьютерной программы АВСТАТ.

Результаты исследований и их обсуждение. Оценка засухоустойчивости в полевых условиях при всей ее объективности требует многолетних наблюдений. Не каждый год бывает засуха, изменяется и ее характер. Для ускорения селекционного процесса целесообразно диагностировать засухоустойчивость с помощью лабораторных физиологических методов. В данных исследованиях мы использовали метод ранней диагностики на семенах и проростках, поскольку он позволяет анализировать большое количество селекционного материала и проводить оценку круглый год.

Прежде чем проводить оценку сортообразцов озимой пшеницы к дефициту влаги по способности семян прорасти на осмотически крепких растворах сахарозы, мы проверили их лабораторную всхожесть. Результаты лабораторной всхожести представлены на рисунке 1.

Как свидетельствуют данные гистограммы, представленной на рисунке 1, семена всех анализируемых сортообразцов имели высокую лабораторную всхожесть. Самая низкая отмечена на селекционном образце под номером 1328-2-3, его всхожесть ниже лучшего образца 1228-4-1 на 10 %.

Таким образом, семена изучаемых сортообразцов характеризовались высокой лабораторной всхожестью, что позволило объективно оценить засухоус-

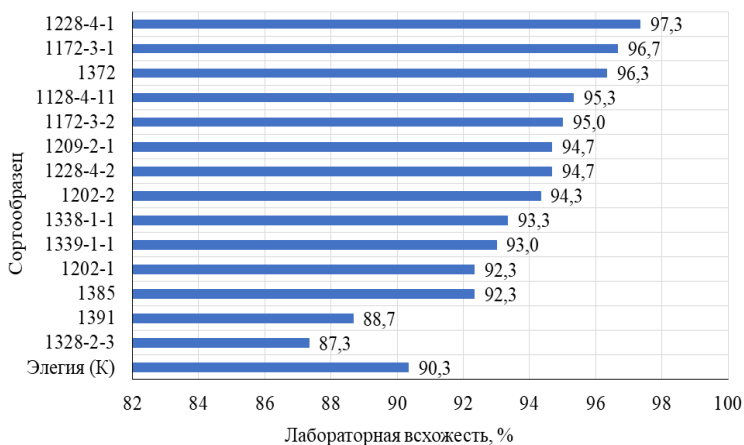


Рисунок 1 – Лабораторная всхожесть озимой пшеницы ($HCp_{05} = 5,8\%$)

тойчивость селекционного материала по способности прорасти на осмотически крепких растворах сахарозы.

Результаты оценки сортообразцов озимой пшеницы на засухоустойчивость представлены на рисунке 2. Исследования проводили на растворе сахарозы, концентрация которого соответствовала осмотическому давлению 14 атмосфер (ат.). Данная концентрация являлась критической для селекционных образцов.

Наиболее высокой всхожестью на растворе сахарозы с осмотическим давлением 14 ат. отличились семена сортообразцов озимой пшеницы с номерами линий 1228-4-1, 1128-4-11, 1338-1-1, 1209-2-1. Наименьшей всхожестью обладал сорт контроль Элегия. Его всхожесть была ниже лучшего образца 1228-4-1 на 25,7 %. В итоге проведенных лабораторных исследований выделили наиболее ценные по признаку засухоустойчивости сортообразцы озимой пшеницы.

Зачастую засуха сочетается с жарой и многими другими неблагоприятными факторами, это очень затрудняет выявление эффекта дефицита воды. В таких условиях о засухоустойчивости сорта / линии обычно судят по урожайности зерна [9]. Поэтому для сравнения результатов, полученных при оценке способности сортообразцов прорасти на растворе сахарозы с уровнем урожайности проведены полевые опыты и получены данные по продуктивности изучаемых сортообразцов (таблица 1).

Согласно данным таблицы 1 многие сортообразцы озимой пшеницы по урожайности в среднем за 2018-2019 гг. исследований превысили сорт Элегия. Наибольшую урожайность сформировали образцы с номерами 1172-3-1 и 1228-4-1. Превышение в сравнении с контролем составило 12,3 ц/га и 10,5 ц/га соответственно. Наименьшую урожайность показал образец 1385, в сравнении с контролем недобор составил 6,9 ц/га, в сравнении с лучшим образцом 1172-3-1 19,1 ц/га. Следует отметить, что сортообразцы с номерами линий 1172-3-1, 1228-4-1, 1128-4-11, 1202-1, 1338-1-1 в среднем за два года исследований отли-

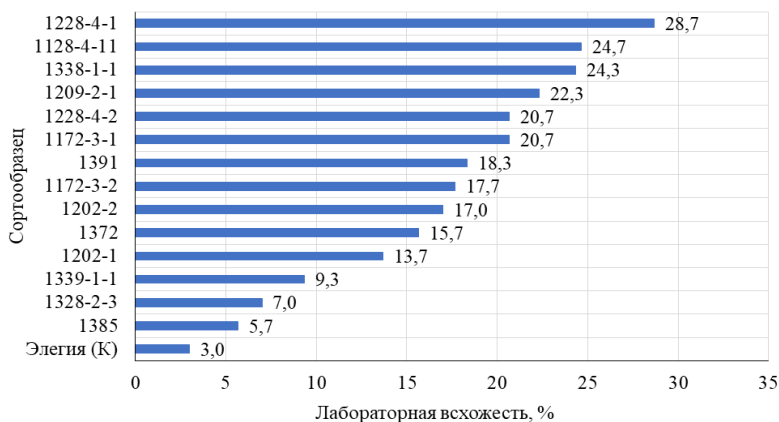


Рисунок 2 – Лабораторная всхожесть озимой пшеницы на растворе сахарозы с осмотическим давлением 14 ат. ($HCP_{05} = 7,4\%$)

чились высокой продуктивностью, также данные образцы показали высокий процент всхожести на растворе сахарозы, концентрация которого соответствовала осмотическому давлению 14 атмосфер.

Для сравнения данных по засухоустойчивости с урожайностью изучаемых сортообразцов озимой пшеницы и определения уровня зависимости двух показателей проведен корреляционный анализ и построен график рассеяния (рисунок 3).

Таблица 1 – Урожайность изучаемых сортообразцов озимой пшеницы

Сортообразец	Урожайность, ц/га		
	2018 г.	2019 г.	Среднее
Элегия (контроль)	60,6	73,7	67,2
1372	71,9	61,2	66,6
1339-1-1	67,7	72,8	70,3
1385	54,7	65,9	60,3
1172-3-2	65,2	74,6	69,9
1172-3-1	75,3	83,5	79,4
1228-4-1	71,6	84,3	78,0
1228-4-2	71,1	68,7	69,9
1391	75	71,1	73,1
1338-1-1	79,1	70,7	74,9
1202-1	78	72,2	75,1
1209-2-1	70,1	71,7	70,9
1202-2	62,6	84,6	73,6
1128-4-11	72,9	78,1	75,5
1328-2-3	64,1	69,5	66,8

$HCP_{05\text{ сорт}} = 1,98 \text{ ц/га}$, $HCP_{05\text{ год}} = 5,43 \text{ ц/га}$

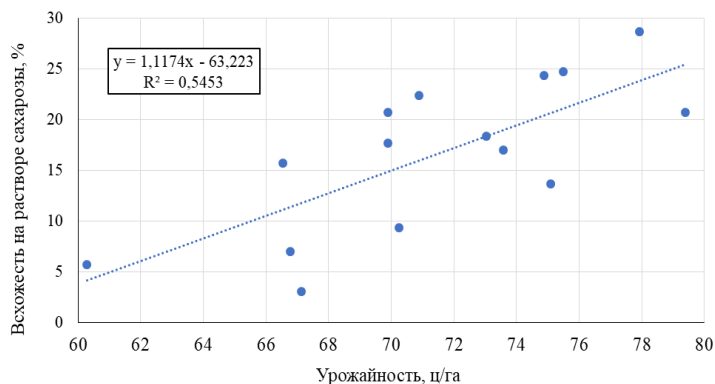


Рисунок 3 – Связь между показателями засухоустойчивости и урожайностью сортообразцов озимой пшеницы

В результате корреляционного анализа средних значений за 2 года исследований по засухоустойчивости и урожайности образцов озимой пшеницы (рисунок 3) была установлена высокая корреляционная связь ($r = 0,74$) между данными показателями.

На наш взгляд, благодаря погодным условиям в годы исследований (2018-2019 гг.), которые характеризовались наличием весенне-летней засухи, получена высокая зависимость урожайности сортообразцов от уровня их засухоустойчивости. Весенне-летние засушливые явления привели к недобору урожая и образцы, которые показали наибольшую устойчивость к засухе, были более урожайными.

Заключение

По результатам исследований выделены селекционно-ценные образцы, которые характеризовались более высокой продуктивностью в засушливых условиях произрастания. Установлена высокая корреляционная связь между урожайностью и уровнем засухоустойчивости сортообразцов озимой пшеницы при анализе в лабораторных условиях на осмотически крепких растворах сахарозы, что доказывает целесообразность применения данного метода.

Установлено, что генотип оказывает решающую роль в формировании устойчивости растений к условиям засухи. Это говорит о необходимости включения выделившихся образцов в селекционные программы для создания и отбора высокопродуктивных, засухоустойчивых сортов.

Литература

1. Блетько, В.Н. Засухи в Беларуси / В.Н. Блетько, Н.В. Мельчакова // Родная прырода. Грамадска-палітычны, навукова-папулярны экалагічны часопіс. – 2019. – № 8. – С. 16-18.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. // Учебник для студентов высших с.-х. учебных заведений. – Москва: Агропромиздат, – 1985. – 346 с.

3. Лиховидова, В.А. Влияние засушливых условий выращивания на водный дефицит и содержание хлорофилла сортов озимой твердой пшеницы, различающихся по продуктивности / В.А. Лиховидова, Е.В. Ионова // Аграрная наука. – 2020. – №5. – С. 72-75.

4. Олейникова, Т.В. Определение засухоустойчивости сортов пшеницы и ячменя, линий и гибридов кукурузы по прорастанию семян на растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением / Т.В. Олейникова, Ю.Ф. Осипов // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. – Л.: Колос. – 1976. – С. 23-32.

5. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; под ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск, – 2012. – 288 с.

6. Чудинова, Л.А. Физиология устойчивости растений : учебное пособие к спецкурсу / Л.А. Чудинова, Н.В. Орлова; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО «Пермский гос. ун-т». – Пермь : Пермский ун-т, 2006. – 123 с.

7. Buchinger, A. Sangkraftmessungen verschiedener gerstensorten. Fortschr : Landw., – 1927.– V. 2, N 71. – P. 344-350.

8. Qiu, G.Y. Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain / G.Y. Qiu [et al.] // Agric. Forest Meteorol., – 2008. – V. 148. – P. 1848-1859.

9. Richards, R.A. Breeding for improved water productivity in temperate cereals: phenotyping, quantitative trait loci, markers and the selection environment / R.A. Richards, [et al.] // Funct. Plant Biol., – 2010. – V. 37. – P. 85-97.

EVALUATION OF WINTER WHEAT BREEDING VARIETIES FOR DROUGHT RESISTANCE

A.S. Budzko, V.N. Voitova

The paper presents the results of the laboratory evaluation of drought resistance of winter wheat variety samples in respect of their ability to germinate on osmotically strong sucrose solutions as well as comparison of the obtained data with their field productivity. According to the findings valuable breeding samples with a higher productivity in dry conditions were identified. In the course of conducting analysis on a highly concentrated sucrose solution under laboratory conditions a high correlation between the yield and level of drought resistance was established, which says about advisability to apply the method in breeding.

УДК 633.11 «324»:631.527(476)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ И ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ВЫСОТЕ РАСТЕНИЙ И УСТОЙЧИВОСТИ К ПОЛЕГАНИЮ

Т.В. Мельникова научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 07.04.2021)

Рецензент: Власов А.Г., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В результате комплексного изучения 90 сортов и образцов коллекции озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического проис-

хождения выделены источники короткостебельности и устойчивости к полеганию, которые могут быть использованы в селекционном процессе.

Одним из этапов в селекционной работе является оценка сортов и образцов по основным хозяйственно ценным признакам, поиск и выявление генетических источников и доноров устойчивости к различным абиотическим и биотическим факторам среды с целью их использования в гибридизации, как основного метода создания новых сортов [1, 2]. В связи с этим большое значение имеет привлечение в качестве исходного материала образцов, отобраных в самых разных научно-исследовательских учреждениях ближнего и дальнего зарубежья, которые имеют отдаленное эколого-географическое происхождение. Общеизвестно, что чем разнообразнее материал, тем выше вероятность получения нового исходного материала зерновых культур с комплексом хозяйственно полезных признаков и свойств [3, 4].

Особую актуальность в настоящее время приобретает задача получения исходного материала с высокой устойчивостью к полеганию [5].

Способность стебля сохранять на протяжении всей вегетации вертикальное положение многие исследователи связывают с прочностью соломины и высотой растений, контролируемой сложной системой генов и факторами внешней среды [6, 7, 8, 9]. Как правило, чем выше растение (стебель), тем оно менее устойчиво к полеганию. Это характерно для многих культур. Особую актуальность для озимой пшеницы, как одной из наиболее важной продовольственной культуры для Беларуси, имеет вопрос соотношения высоты растений и устойчивости к полеганию.

В связи с вышеизложенным, была поставлена задача выявить в коллекционном материале озимой мягкой пшеницы образцы, сочетающие короткостебельность (<80 см) и стабильную устойчивость к полеганию в зависимости от условий года.

Условия и методика проведения исследований. Изучение образцов коллекции озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения с целью выделения источников короткостебельности и устойчивости к полеганию проводили в 2017-2019 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Почва опытных участков дерново-подзолистая супесчаная, характеризуется следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: гумус – 2,1-2,3 %, pH_{KCl} – 5,13-6,03, содержание подвижного P_2O_5 – 178-254 мг/кг, K_2O – 278-420 мг/кг почвы. По основным агрохимическим показателям почва опытных участков вполне пригодна для оценки селекционного материала озимой мягкой пшеницы.

Площадь делянки 5 м², повторность – двукратная. Предшественник – озимый рапс. В качестве контроля использовали сорт *Элегия*, который в настоящее время является контролем в ГСИ РБ [10].

Изучение образцов коллекции проводили в соответствии с унифицированным классификатором [11]. Для выявления и анализа связи между урожайно-

стью зерна и высотой растений рассчитывали коэффициент парной корреляции [12].

В коллекции изучалось 90 образцов озимой мягкой пшеницы, которые в зависимости от эколого-географического происхождения были разделены на 11 групп (рисунок 1).

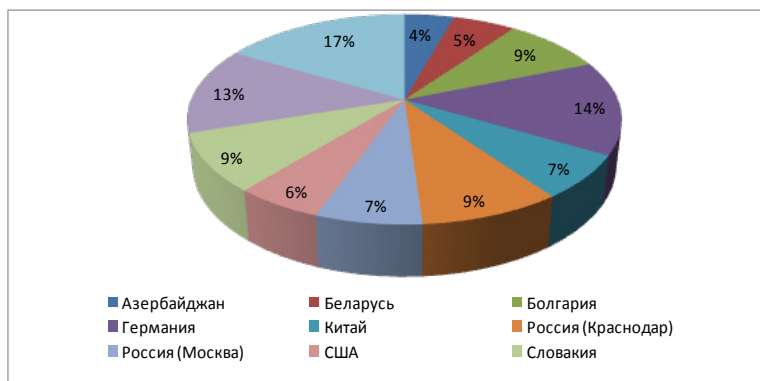


Рисунок 1 – Ранжирование коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы по странам происхождения

Коллекционный материал представлен образцами: из Германии (*Бононза, Samurai, Batis, Cubus, Dromos, Этана, Acratos, Catalus, Платин, Фагус, Fatulus, Skagen* и *Побак*), Болгарии (*Йоана, Садово 1, Победа, Николай, Боряна, Юнак, Петя* и *Царевиц*), Словакии (*PS Zaira, PS Pinta, Viglanka, Madejka, Stelarka, PS Zaira, PS Pinta, Viglanka, Madejka, Stelarka, Vladarka, MS Luneta* и *Torysa*), Китая (*Gaoyou 9618, Heng 7228, Jing 9428, Yangmai 11, Gaoyou 9409* и *Liangxing 99*), Беларуси (*Элегия, Амелия, Ода, Канвеер, Капылянка*), США (*83W023034, PL 145, Yumar, Prairie Red* и *Finch*) и Азербайджана (*Gyrmyzy Gjul-1, Ehkinchi 84, Nurlu 99* и *Gijimatli 2/17*).

Группы образцов из России и Украины были разделены на две подгруппы согласно агроклиматической характеристике территории этих стран [13, 14]. Так, первая подгруппа коллекционных образцов России включает сорта *Мера, Влади, Немчиновская 17, Немчиновская 24, Немчиновская 57, Немчиновская 40* селекции ГНУ «Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» и ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», относящиеся к Центральному региону Российской Федерации, (далее – Россия (ЦР)), который характеризуется достаточным увлажнением вегетационного периода (ГТК=1,0-1,5) и суммой активных температур 1600-2200 °С.

Вторую подгруппу составили российские образцы *Дон 107, Дар Зернограда, Донской маяк, Дон 105, Ростовчанка 7, Зерноградка 8, Ростовчанка, Юнона* селекции ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской» и ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», входящие в Северо-Кавказский регион Российской Федера-

ции (далее – Россия (СКР)), характеризующийся засушливым вегетационным периодом ($ГТК = 0,5-1,0$) и суммой активных температур 2800-3400 °С.

Сорта Украины, в свою очередь, были так же разделены на две подгруппы. Зона Лесостепи (далее – Украина (Лесостепь)) характеризуется умеренно-континентальным климатом ($ГТК = 1,0-1,2$) и суммой активных температур 2300-2600 °С. В данную подгруппу вошли сорта *Достаток*, *Нува Куївцини*, *Kyiv's'ka ostista*, *Яворина*, *Voloshkova*, *Khurtovyna*, *Madyarka*, *Хоревуця*, *Vil'shana*, *Ivaniv's'ka ostista*, *Калита* и *Статна*) селекции Мироновского института пшеницы имени В.М. Ремесло НААН Украины, «Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН Украины» и Института физиологии растений и генетики НАН Украины.

Зона Степи характеризуется высокой степенью теплообеспечения, засушливым вегетационным периодом ($ГТК = 0,4-0,7$) и суммой активных температур 2900-3600 °С. В подгруппу Степи (далее – Украина (Степь)) вошли сорта *Княгиня Ольга*, *Ластівка одеська*, *Голубка одеська* *Зоренад*, *Пиліпівка*, *Viktoria odes'ka*, *Lada odes'ka*, *Lyubava odes'ka*, *Nikoniya*, *Odes'ka 267*, *Poshana*, *Ukrainka odes'ka*, *Fantaziya odes'ka*, *Hospodynia* и *Lagidna* селекционно-генетического института – Национального центра семеноведения и сортоизучения.

Метеорологические условия в годы исследований различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Наиболее благоприятным для роста и развития растений оказался 2017 г. Вегетационный период 2018 г. оказался наиболее экстремальным. Метеорологические условия 2019 г. были приближены к средним многолетним показателям.

Результаты исследований и их обсуждение. Самое важное требование, предъявляемое к сорту – высокий генетический потенциал урожайности.

По результатам изучения коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы в среднем за три года урожайность зерна варьировала от 33,8 ц/га у сорта *Jing 9428* (Китай) до 102,6 ц/га у *Skagen* (Германия). В среднем по коллекции данный показатель был на уровне 70,4 ц/га. У контроля *Элегия* урожайность зерна составила 89,6 ц/га.

Наиболее высокоурожайными (превысили контроль *Элегию* на 2,5-13,0 ц/га) были коллекционные образцы из Германии (*Skagen*, *Samurai*, *Dromos*, *Побак*, *Платин*, *Cubus*, *Catalus*, *Batis*, *Фагус*, *Acratos* и *Этана*). Из группы отечественных образцов наибольшая урожайность в среднем за годы изучения была отмечена у сорта *Амелия* (94,7 ц/га).

Самой низкой урожайностью характеризовались коллекционные образцы китайского происхождения (*Gaoyou 9618*, *Heng 7228*, *Jing 9428*, *Yangmai 11*, *Gaoyou 9409*, *Liangxing 99*), которые уступали контролю на 45,6-55,8 ц/га. Это можно объяснить их плохой адаптацией к условиям произрастания в Беларуси.

Одним из важных признаков при изучении коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы является высота растений, т.к. она оказывает существенное влияние на их устойчивость к полеганию [12]. В результате проведенных исследований было установлено, что в среднем по группам высота растений колебалась от 69 см (Китай) до 99 см (Россия (ЦР)) (таблица).

Таблица – **Вариабельность высоты растений и устойчивости к полеганию коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы (среднее за 2017 – 2019гг.)**

Страна происхождения	Высота растений, см		Устойчивость к полеганию, балл (средняя по группам)
	средняя по группам	lim, см	
Азербайджан	82	76-87	9,0
Беларусь	94	91-104	8,9
Болгария	87	80-93	8,1
Германия	89	75–100	8,3
Китай	69	60-79	9,0
Россия (СКР)	89	80-95	6,8
Россия (ЦР)	99	87-115	8,0
США	93	81-111	7,9
Словакия	87	74-88	8,4
Украина (Лесостепь)	89	73-98	8,5
Украина (Степь)	90	82-99	7,0

Величина данного показателя в среднем за годы изучения у болгарских коллекционных образцов колебалась от 80 см (*Петя*) до 93 см (*Содово 1*).

В группе коллекционных образцов из США высота растений в среднем составила 93 см при варьировании от 81 см у сорта *Finch* до 111 см у *83W023034*. У китайских сортов и образцов величина данного показателя находилась в пределах от 60 см (*Gaoyou 9618*) до 79 см (*Jing 9428*).

В группе коллекционного материала из Азербайджана преобладали среднерослые сорта. Исключение составил короткостебельный сорт *Gyrmyzy Gjul-1*, высота которого в среднем за годы составила 76 см.

Установлено, что все сорта белорусской селекции оказались среднерослыми. Высота растений колебалась от 91 см у сорта *Канвеер* до 104 см у *Капылянки*.

Коллекционные сорта и образцы из Германии можно отнести преимущественно к среднерослым, за исключением короткостебельных сортов *Самурай* и *Бонанза*, у которых высота растений в среднем составила 75 см и 79 см. Целесообразно подчеркнуть, что сорт *Бонанза* из данной группы заслуживает наибольшего внимания, так как высота растений у него была наиболее стабильной по годам. Изменения по данному признаку не превысили 3 см.

У коллекционных сортов и образцов из Украины (Лесостепь) и (Степь) высота растений в среднем составила 89 см и 90 см. У сортов *Madyarka* и *Kyivs'ka ostista* (Украина (Лесостепь)) она в среднем была минимальной и составила 73 см и 78 см.

Практически весь российский коллекционный материал состоял из среднестебельных форм (81-110 см) с варьированием высоты растений от 85 см (*Ростовчанка*) (Россия (СКР)) до 109 см у сорта *Мера* (Россия (ЦР)). Исключение составили короткостебельный сорт *Юнона* (Россия (СКР)) (80 см) и высокорослый сорт *Влади* (Россия (ЦР)) (115 см).

Полегание оказывает существенное влияние на снижение урожайности и качества зерна озимой мягкой пшеницы. Устойчивость этой культуры к полеганию в значительной степени зависит от факторов внешней среды, биологических и морфологических особенностей стебля и корневой системы [7].

Устойчивость к полеганию в среднем за годы изучения варьировала от 9 баллов у групп сортов из Азербайджана и Китая до 6,8 баллов у группы сортов из России (СКР) (таблица). Также следует отметить образцы отечественной селекции, которые, несмотря на различные погодные условия в годы изучения коллекции, стабильно показывали высокую устойчивость к полеганию. Средний балл по группе составил 8,9.

Как отмечено выше, на полегание растений оказывает влияние не только высота растений, но и прочность соломины. Так, можно отметить, что у высокорослых сортов *Капылянка* (Беларусь) (104 см), *Влади* (Россия (ЦР)) (115 см) и образца 83W023034 (США) (111 см) в среднем за годы изучения устойчивость к полеганию была высокой и находилась на уровне 9 баллов.

В результате исследований было выявлено, что у сортов из России (ЦР) и Германии между урожайностью зерна и высотой растений отмечена положительная сопряженность сильной и слабой степени ($r=0,90$ и $r=0,27$) (рисунок 2). В то же время у сортов из Китая, Азербайджана, Болгарии, Беларуси, Словакии, России (СКР), США выявлена отрицательная корреляционная зависимость сильной, средней и слабой степени ($r=-0,64$; $r=-0,54$; $r=-0,53$ $r=-0,43$; $r=-0,23$).

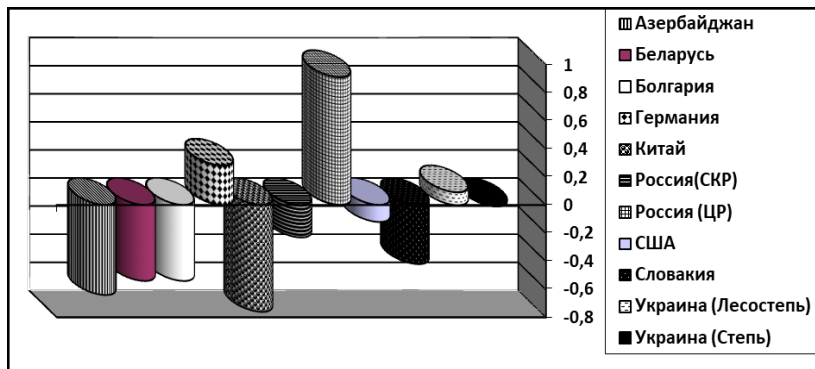


Рисунок 2 – Корреляционная зависимость между урожайностью зерна и высотой растений у групп сортов коллекции озимой пшеницы (среднее за 2017-2019 гг.)

Выводы

1. В результате комплексной оценки генофонда озимой мягкой пшеницы в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь для использования в селекции озимой мягкой пшеницы были выделены источники короткостебельности и устойчивости к полеганию:

– короткостебельности (с высотой растений <80 см): *Gaoyou 9618, Heng 7228, Jing 9428, Yangmai 11, Gaoyou 9409, Liangxing 99* (Китай), *Gyrmyzu Gjul-1* (Азербайджан), *Бонанза* и *Samurai* (Германия), *Юнона* (Россия (СКР)), *PS Zaira, PS Pinta* и *Viglanka* (Словакия), *Madyarka* и *Калита* (Украина (Лесостепь));

– устойчивости к полеганию (на уровне 9 баллов): *Gyrmyzu Gjul-1, Ehkinchi 84, Nurlu 99* и *Gijmatli 2/17* (Азербайджан), *Gaoyou 9618, Heng 7228, Jing 9428, Yangmai 11, Gaoyou 9409* и *Liangxing 99* (Китай), *Элегия, Капылянка, Ода* и *Амелия* (Беларусь), *Йоана* и *Петя* (Болгария), *Samurai, Этана, Фагус* и *Побак* (Германия), *Ростовчанка* (Россия (СКР)), *Владу* (Россия (ЦР)), *83W023034, Finch* (США), *PS Zaira, PS Pinta, Viglanka* и *Vladarka* (Словакия), *Нива кївцини, Kyiv's'ka ostista, Voloshkova, Madyarka, Vil'shana, Калита* (Украина (Лесостепь)) и *Голубка одеська* (Украина (Степь));

2. Сорта *Бонанза* и *Samurai* (Германия) являются источниками высокой урожайности зерна и короткостебельности.

3. Между урожайностью зерна и высотой растений выявлена сильная положительная связь ($r=0,90$) у группы сортов из России (ЦР) и сильная отрицательная связь ($r=-0,76$) у китайских коллекционных сортов и образцов.

Литература

1. *Вавилов, Н.И.* Научные основы селекции пшеницы / Н. И. Вавилов – М.; Л. : Сельхозгиз, 1935. – 246 с.

2. *Коптик, И.К.* Селекция озимой мягкой пшеницы в Беларуси / И.К. Коптик, М.В. Семеновенко // Земледелие и защита растений. – 2013. – №1(86). – С. 8–11.

3. *Неттевич, Э.Д.* Проблемы исходного материала на современном этапе селекции зерновых культур / Э.Д. Неттевич // Вестник с.-х. науки, 1982. – №6. – С. 20-24.

4. *Сандухадзе, Б.И.* Селекция озимой пшеницы – важнейший фактор повышения урожайности и качества / Б.И. Сандухадзе // Достижения науки и техники АПК, 2010. – № 11. – С. 4-7.

5. *Самохвалов, Г.К.* Полегание как реакция растений на условия выращивания / Г.К. Самохвалов: тез. докл. конф. по физиологии устойчивости растений. – Киев, 1988. – С. 186-187.

6. *Кошкин, Е.И.* Частная селекция полевых культур / Под ред. Е. И. Кошкина. – М.: Колос, 2005. – 344 с.

7. *Горшкова, В.А.* Селекция ярового ячменя на устойчивость к полеганию / В.А. Горшкова // Вестник РАСХН.–1992. – № 6. – С.25–27.

8. Пшеницы мира / В.Ф. Дорофеев [и др.]. – Л. : ВО Агропромиздат Ленингр. отделение, 1987. – 560 с.

9. *Лелли, Я.* Селекция пшеницы / Я. Лелли – М. : Колос, 1980. – 384 с.

10. Результаты испытания сортов растений озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2014-2016 годы: 80 лет сортоиспытанию / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»; сост. С.А. Любовицкий [и др.]. – Минск: [б. и.], 2017. – 176 с.

11. Широкий унифицированный классификатор Беларуси *Triticum L.* / Ф.И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2011. – 48с.

12. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

13. Добровольский, Г.В. Агроклиматическая характеристика природно-сельскохозяйственных провинций равнинной территории России / Г.В. Добровольский [и др.]. – М.: Издательство «Астрель», 2011. – С.284-285.

14. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією Т.І. Адаменко [и др.]. – Кам'янець – 2011. – 108 с.

**RESULTS OF THE STUDY OF THE COLLECTION
OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES AND ACCESSIONS IN TERMS
OF THE PLANT HEIGHT AND RESISTANCE TO LODGING**

T.V. Melnikova

As a result of a comprehensive study of 90 varieties and collection accessions of winter soft wheat of different ecological and geographical origin the sources of short stems and resistance to lodging, which can be used in breeding, have been identified.

УДК 633.111.321:631[524.86 +527]

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОТБОРА УСТОЙЧИВЫХ
К ФУЗАРИОЗУ КОЛОСА ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ
В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* НА СЕЛЕКТИВНЫХ СРЕДАХ**

Н.Л. Ермоленко, М.В. Кадырова, Е.Н. Куликович, кандидат с.-х. наук
РВУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Поступила 02.04.2021)

Рецензент: Шашко Ю.К., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Изучена эффективность отбора устойчивых генотипов с помощью селективных сред. Установлена сортовая специфика по данному признаку и выделены устойчивые генотипы. Определено, что эффективная методика отбора на селективных средах устойчивых образцов должна сочетать в себе оценку селекционного материала на селективных питательных средах и отбор устойчивых генотипов по биометрическим показателям с последующей их проверкой на устойчивость в условиях *ex vitro* и фитоэкспертизой.

Общеизвестно, что создание устойчивых сортов является важным аспектом борьбы с возбудителями болезней, позволяющее сдерживать их распространение и таким образом сокращать затраты на проведение защитных мероприятий и повышать экологическую ценность получаемой продукции.

Одной из основных причин высокой вредоносности грибных патогенов зерновых культур кроме климатических условий является недостаточная устойчивость возделываемых сортов [1]. Значительные потери на зерновых культурах вызывают грибы рода *Fusarium* Link, повреждающие все части растений. Поражение колоса этим возбудителем приводит не только к существенным потерям зерна, но и значительно ухудшает его посевные и пищевые качества в результате продуцирования патогеном в процессе жизнедеятельности

опасных для человека и животных микотоксинов [2, 3]. Результаты обследования посевов яровой пшеницы показывают, что фузариозом колоса может поражаться до 30 % колосьев, в эпифитотийные годы – до 60 % и более [4]. Согласно литературным данным, виды *F. graminearum* и *F. culmorum* являются наиболее агрессивными представителями этого рода, продуцирующие высокие уровни токсинов. Грибы рода *Fusarium* продуцируют вторичные метаболиты различной химической природы, спектр образуемых токсинов имеет выраженный видоспецифичный характер [5]. К одному из наиболее распространенных и изученных трихотеценовых микотоксинов относится дезоксиниваленол – ДОН (основные продуценты *F. graminearum* и *F. culmorum*) [6].

Одним из направлений создания эффективной генетической защиты растений, особенно актуальным на фоне отсутствия достаточного количества доноров устойчивости к фузариозу колоса, является разработка и использование биотехнологических методов селекции [7, 8]. Таким методом, получившим в последние годы широкое распространение, является отбор устойчивых генотипов на искусственно созданных селективных средах [9]. Данный прием позволяет провести скрининг большого количества селекционных образцов в полностью контролируемых условиях, выявить на ранних этапах селекционной работы образцы, обладающие единичной, групповой или комплексной устойчивостью.

Материал и методика. Исследования проводили в отделе биохимии и биотехнологии и лаборатории иммунитета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2019-2020 гг. Материал для биотехнологических работ высевался в фитотронно-тепличном комплексе. Для усовершенствования методики отбора устойчивых к фузариозу колоса генотипов использовали образцы, контрастные по изучаемому признаку, которые были получены из лаборатории иммунитета и Банка генетических ресурсов Республики Беларусь.

В качестве источника инфекции был выбран изолят гриба *F. culmorum*, выделенный из пораженного фузариозом зерна яровой пшеницы. В качестве питательного субстрата использовали картофельно-глюкозный агар (КГА) (на 1 л воды 200 г/л картофеля, 20 г/л глюкозы и 20 г/л агара). Для предотвращения возможного засорения среды бактериальной инфекцией добавляли антибиотик цефтриаксон в концентрации 200 мг/л. Через 1 неделю проводилось контрольное микроскопирование с последующим рассеиванием патогена на твердую питательную среду (КГА) для дальнейшего размножения. В качестве селективного фактора для отбора растений мягкой пшеницы, потенциально устойчивых к фузариозу колоса в условиях *in vitro*, использовался фильтрат культуральной жидкости (ФКЖ) *F. culmorum*. Для его получения извлекалась 1/8 часть агара с чашки Петри с растущим на ней патогеном после полного заполнения мицелием ее площади и переносилась в колбу с 200 мл стерильной жидкой картофельно-глюкозной питательной средой с добавлением антибиотика. Колбы с патогеном выдерживались в термостате при температуре +25 °С в течение 14, 21 и 28 суток. По окончании срока культивирования и последующей фильтрации получали культуральную жидкость соответствующих сроков культивации.

Искусственное заражение отобранных, потенциально устойчивых к фузариозу колоса растений проводилось суспензией спор гриба *F. culmorum* в концентрации 10^6 конидий/мл с помощью ручного опрыскивателя в фазу цветения. Для успешного заражения колосьев были созданы условия влажной камеры, в которых растения находились в течение 2-х суток. Оценка устойчивости к фузариозу колоса проводилась на 21 день после заражения по 9-ти балльной шкале [10].

Фитозэкспертиза для выявления семенной инфекции полученного с отобранных растений зерна проводилась по ГОСТу [11]. Согласно этой методики анализ зараженности семян проводят во влажной камере, на питательных средах, песке или рулонах фильтровальной бумаги. В виду ограниченного количества полученного семенного материала мы проводили анализ во влажной камере с использованием чашек Петри. Семена раскладывали равномерно на 2 слоя увлажненной стерильной фильтровальной бумаги. Закрытые чашки Петри помещали в термостат для прорастивания на 7 суток, после чего определяли всхожесть и процентное соотношение пораженных фузариозом семян.

Результаты и обсуждение. Для подтверждения результатов отбора на селективных средах было проведено искусственное заражение растений суспензией спор гриба *F. culmorum* в условиях ФТК. Результаты заражения образцов по колосу в фитотронно-тепличном комплексе представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных показал, что образец *Синтез остистый* при искусственном заражении в условиях ФТК оказался более устойчивым, чем *Синтез безостый* – поражение фузариозом колоса составило от 4,3 до 5,4 баллов, тогда как у *Синтеза безостого* поражение колоса варьировало от 4,2 до 7,5 баллов. Эта тенденция хорошо выражена как в контрольном варианте, так и у образцов, прошедших отбор в условиях *in vitro*. В качестве контроля нами использовались растения, не проходившие отбор на селективных средах.

Таблица 1 – Результаты изучения устойчивости сортообразцов яровой пшеницы, отобранных на селективных средах, после заражения растений суспензией *F. culmorum* в условиях ФТК

Образец	Вариант	Заражено колосьев, шт.	Средний балл поражения	Развитие болезни, %
Синтез безостый	контроль	29	6,6	72,8
	10% ФКЖ	21	5,6	65,9
	20% ФКЖ	22	7,5	87,1
	30% ФКЖ	12	4,2	47,2
Синтез остистый	контроль	26	4,7	54,1
	10% ФКЖ	25	4,8	56,2
	20% ФКЖ	13	4,3	47,2
	30% ФКЖ	15	5,4	59,0
№134 (восприимчивый)		3	8,0	89,0
№8 (устойчивый)		6	3,5	39,0

Эти данные отличаются от результатов, полученных ранее в условиях *in vitro* на селективных средах, где большую устойчивость к действию микоток-

синов проявил *Синтез безостый*. По такому показателю как интенсивность регенерации, представляющего собой отношение выживших эксплантов к общему числу высаженных эксплантов, у образца *Синтез безостый* данный показатель оставался на уровне 50-65 % во всех вариантах селективных сред. У *Синтеза остистого* отмечена четкая тенденция к резкому снижению данного показателя (от 40 % в контроле до 0) по мере роста концентрации ФКЖ в питательной среде [12].

Следует отметить, что изученные нами образцы не всегда соответствовали проведенной в полевых условиях оценке. Так, оцененные ранее в лаборатории иммунитета на инфекционном фоне как восприимчивые образцы *Luvett* и *Рассвет* после проведенного отбора на селективных средах в условиях фитотронно-тепличного комплекса имели невысокий средний балл поражения (4,0-4,4) и распространение болезни на уровне 41-44 %. Образец № 134 подтвердил свою неустойчивость к данному заболеванию (8 баллов и 89 % соответственно), а №8 – свою устойчивость (3,5 баллов и 39 % соответственно).

После уборки созревших растений был проведен анализ колосьев, обработанных споровой суспензией *F. culmorum*. Анализировалось количество зараженных и не зараженных колосьев, количество завязавшихся зерен. Была проведена фитоэкспертиза собранного зерна по стандартной методике. Результаты приведены в таблице 2 и рисунке.

Таблица 2 – Результаты фитоэкспертизы семян, полученных после заражения растений суспензией *F. culmorum* в условиях ФТК

Образец	Вариант	Всхожесть, %	Распространенность, %
Синтез безостый	контроль	13	71
	10% ФКЖ	40	36
	20% ФКЖ	78	44
	30% ФКЖ	0	100
Синтез остистый	контроль	38	97
	10% ФКЖ	18	96
	20% ФКЖ	8	92
	30% ФКЖ	40	100
Рассвет (восприимчивый)	20% ФКЖ	4	100
Lavett (восприимчивый))	20% ФКЖ	25	75
№134 (восприимчивый)	20% ФКЖ	100	92
№8 (устойчивый)	20% ФКЖ	36	45

Анализ полученных данных показал, что зараженность семян фузариозом у растений образца *Синтез безостый*, не прошедших отбор на селективных средах в условиях *in vitro* (контроль), примерно в 2 раза выше (71 %), чем у растений после отбора на среде с 10 % и 20 % ФКЖ – 36 и 44 % соответственно. В аналогичных вариантах с образцом Синтез остистый подобной закономерности не отмечено – 97 % в контроле и 96 и 92 % после отбора на среде с 10 % и 20 % ФКЖ. В варианте опыта с растениями, отобранными на селективных средах с 30 % ФКЖ, отмечено 100 % поражение семян фузариозом у обоих образцов,



(а)



(б)

Рисунок – Зараженность семян образца *Синтез безостый F.culmorum* по результатам фитоэкспертизы: (а) – контроль, (б) – отбор на 10% ФКЖ

т.е. подтверждается вывод о неэффективности отбора на средах с высоким содержанием культуральной жидкости [12]. Таким образом, при отборе на селективных средах следует учитывать чувствительность образца к селективному фактору, поскольку различия по этому признаку были отмечены даже между образцами с общей родословной (*Синтез остистый* и *Синтез безостый*).

Оценку сорта по устойчивости к фузариозу колоса можно дополнить таким показателем, как количество устойчивых генотипов, отобранных на основе фитоэкспертизы. Так, среди изученных генотипов *Синтеза остистого* отобрано только 1 устойчивое растение, тогда как у *Синтеза безостого* выделились 5 устойчивых генотипов (таблица 3). Устойчивые генотипы были выделены также и среди образцов, в целом характеризующихся как неустойчивые (*Lavett*, №134). Следовательно, отбор на селективных средах позволяет выделить устойчивые генотипы даже среди неустойчивых образцов.

Таблица 3 – Количество устойчивых генотипов у разных сортообразцов, после заражения растений суспензией *F.culmorum* в условиях ФТК

Сортообразец	Количество устойчивых генотипов, шт.
Синтез безостый (20% ФКЖ)	5
Синтез остистый (20% ФКЖ)	1
Lavett (20% ФКЖ)	1
№134 (20% ФКЖ)	2
Итого	9

Полученные устойчивые генотипы были высажены в ФТК и из выживших и давших семенное потомство регенерантов сформированы 10 потенциально устойчивых популяций яровой пшеницы, которые будут переданы в селекционные подразделения.

Выводы

1. Отбор устойчивых генотипов с помощью селективных сред оказался достаточно эффективным, что подтверждено проведенным искусственным заражением в условиях ФТК.

2. Эффективная методика отбора на селективных средах устойчивых образцов, с дальнейшим использованием их в селекционном процессе для выведения устойчивых сортов к фузариозу колоса, должна сочетать в себе оценку селекционного материала на селективных питательных средах и отбор устойчивых генотипов по биометрическим показателям с последующей проверкой на устойчивость в условиях *ex vitro*.

Литература

1. Макарова, М.А. Источники устойчивости яровых пшеницы и ячменя к грибным болезням в Приамурье / М.А. Макарова [и др.] // Защита растений и карантин. – 2018. – №8. – С. 41-43.
2. Preliminary 2014 Kansas wheat disease loss estimates. / J.A. Appel [et al.] // Kansas cooperative plant disease survey report, 2014. – 3 p.
3. Шашко, Ю.К. Изучение вредоносности фузариоза колоса яровой пшеницы при искусственном заражении в зависимости от фазы развития / Ю.К. Шашко [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – Вып. 56. – С. 83-89.
4. Будевич, Г.В. Оценка эффективности фунгицида осирис, кз против видов возбудителей фузариоза колоса яровой пшеницы / Г.В. Будевич [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2014. – №3(94) – С. 52-57.
5. Marasas W.F.O., Nelson P.E., Toussoun T.A. Toxigenic *Fusarium* species. Identity and mycotoxicology. The Pennsylvania State Univ.Press, London, 1984 – 328 p.
6. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие / Е.Е. Радченко [и др.]; под ред. Е.Е. Радченко. – М., 2008. – 416 с.
7. Афанасенко, О.С. Генетическое разнообразие устойчивости зерновых культур к болезням и пути его использования в селекции / О.С. Афанасенко // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: матер. IV Межд. науч. конф., Санкт-Петербург, 11-13 октября 2016 г. – СПб, ФГБНУ ВИЗР, 2016. – С. 11.
8. Ковалева, М.М. Скрининг образцов яровой мягкой пшеницы из новых поступлений в коллекцию ВИР по устойчивости к фузариозу колоса / М.М. Ковалева, Е.В. Зуев / Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: матер. IV Межд. науч. конф., Санкт-Петербург, 11-13 октября 2016 г. – СПб, ФГБНУ ВИЗР, 2016. – С. 68.
9. Мепаришвили, Г.В. Использование соматоклональной изменчивости в создании форм пшеницы, устойчивых к фузариозу: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Г.В. Мепаришвили. – Москва, 2003. – 121 л.
10. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах СЭВ. – Прага, 1988. – 322 с.
11. ГОСТ 12044-93 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. Международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск.
12. Кулинкович, Е.Н. Применение микотоксинов на селективных средах *in vitro* в селекции яровой пшеницы / Е.Н. Кулинкович [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – №56. – С. 306-311.

**APPLICATION OF THE METHODOLOGY FOR SELECTING SPRING SOFT WHEAT
SAMPLES RESISTANT TO FUSARIUM HEAD BLIGH
IN SELECTIVE MEDIA IN VITRO**

E.N. Kulinkovich, N.L. Ermolenko, M.V. Kadyrova

The efficiency of selecting resistant genotypes with the use of selective media is studied. Varietal specificity relating to this trait is identified and resistant genotypes are identified. It's established that the methodology for selecting resistant varieties in selective media should combine the breeding material assessment and selection of resistant genotypes in terms of biometric indicators with their further check on resistance under ex vitro conditions and phytoexamination.

УДК 633.13:575.174.015.3:543.545

**ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА
У КЛОНИРОВАННЫХ ФОРМ МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ОВСА
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФЕРЕЗА АВЕНИНОВ**

**Е.Н. Кулинкович, Е.Л. Долгова, кандидаты с.-х. наук, И.Н. Сеница,
С.Н. Шевашинева**

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 13.04.2021)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. Изучены клоны межвидовых гибридов овса и их родительские формы по электрофоретическим спектрам запасных белков. С использованием методов статистической генетики установлена генетическая дифференциация 88 линий в двух комбинациях скрещивания *A.strigosa* x *A.sativa*. Для комбинации K-4481 x Bingo выделено 4 достоверно различающиеся группы с уровнем сходства, не превышающим 78 %, в комбинации K-1938 x Лидия 46 из 49 линий образуют 5 групп с уровнем генетического сходства 80 %.

Введение. Овес – одно из важнейших зерновых сельскохозяйственных растений, характеризующееся повышенным содержанием в белке незаменимых аминокислот, жиров, витаминов и биологически активных соединений и являющееся не только пищевой и кормовой культурой, но и лечебным продуктом [1]. Исторически овес является более молодой культурой по сравнению с пшеницей и ячменем и относится ко вторичным культурам, возникшим из сорняков, засорявших посевы более древних культур [2].

Классификация овса посевного часто затруднена ввиду отсутствия достаточного числа надежных критериев – признаков или маркеров, наследование которых может быть четко прослежено [3]. Решить данную задачу можно с помощью метода электрофореза запасных белков зерна злаков – проламинов. Авенин – запасной белок овса относится к группе спирторастворимых белков – проламинов [4]. Изучение авенинов показало, что эти белки характеризуются более низким уровнем электрофоретического полиморфизма по сравнению с глинами пшеницы, однако, могут быть использованы для анализа генетиче-

ского разнообразия овса, в том числе для идентификации видов, сортов, биотипов культивируемого и дикорастущего овса [4]. По данным Я.Г. Зеленской, И.Г. Лоскутова и А.М. Шишловой (2011), зоны α - и β -авенина наиболее вариабельны по составу, сочетанию и интенсивности компонентов и позволяют надежно идентифицировать дикие виды овса [7, 9].

Белки рассматриваются как «маркеры» структурных генов, которые их кодируют. Изучив достаточное количество маркеров, можно охватить большую часть генома. Электрофоретическое исследование состава запасных белков семян является эффективным и удобным методом характеристики генотипа растения, пригодным для идентификации сортов и гибридов. Успешное применение электрофоретических методов для идентификации сортов растений основано на том, что белки являются продуктами структурных генов, которые наследуются кодоминантно [7]. Основанием для выделения индивидуального генотипа является отличие его от других, по крайней мере, по одному четко идентифицированному компоненту.

Исследование полиморфизма авенинов дает возможность значительно ускорить процесс селекции овса за счет более эффективного подбора родительских форм; отбора генотипов, сочетающих в себе лучшие варианты аллельных состояний кластеров генов; сокращения сроков создания новых форм и целенаправленного получения генотипов с необходимым комплексом признаков и свойств (Конарев В., 1983, 2001; Созинов, 1985; Зобова и др., 2014).

Для спектров авенина характерна изменчивость в зависимости от пloidности изучаемых видов. Наиболее высокий уровень полиморфизма отмечается у гексаплоидных видов, а среди них – у *A. sativa*. По мере уменьшения пloidности количество компонентов в спектрах проламинов овса снижается (Салмина, Дягилева, 1979; Конарев В., 1983; Юмагузина, Бахтиярова, 1987). Установлено, что в состав популяций диких видов овса может входить от 1 до 6 биотипов, при этом наиболее гетерогенными были сорта византийского овса [5, 6].

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили в отделе биохимии и биотехнологии РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2018-2021 гг. Межвидовые гибриды получали как в полевых условиях, так и в условиях ФТК. В качестве материнской формы использовали образцы диплоидного вида *A. strigosa*, как носителя ценной цитоплазматической наследственности. Кастрация проводилась до выхода метелки из трубки, когда пыльники еще зеленые. В колоске удаляется первый малый цветок. На одной метелке оставляем не более 8-14 наиболее развитых цветков. Опыление проводится на 3-7 сутки после кастрации с помощью твел-метода.

Извлечение незрелых зародышей производили на 14-19 сутки после опыления. Для этого зерновки предварительно замачивали в 5 % растворе хлорамина 20 минут с последующей троекратной промывкой автоклавированной дистиллированной водой. Незрелые зародыши извлекались под бинокулярной лупой в стерильных условиях и высаживались на твердую питательную среду Р8 с добавлением комплекса витаминов по Стабу. Пробирки с эксплантами помещались в термостат в темноту при температуре 26 °С до появления проростков и

затем их переносили в световую комнату и культивировали при температуре 25 °С. При достижении проростками высоты 7-10 см проводили колхицинирование в 0,2 % растворе колхицина и 4 % ДМСО в течение 3-х циклов по 20 минут методом вакуум инфильтрации. После чего растения промывали в проточной воде и высаживали в искусственную почву Бюна для укоренения и акклиматизации. Выжившие растения высаживали в ФТК и доращивали до полного созревания. В процессе дальнейшего изучения регенерантов было выявлено, что полученные растения оказались стерильными. С целью сохранения ценных генотипов их вегетативный материал был использован для получения клонов *in vitro*, которые после повторного колхицинирования и стали родоначальными для исследуемых линий.

Для изучения полученных гибридных линий четвертого поколения был проведен позерновой анализ потомства 2-х клонов комбинации *K-4481* × *Bingo* (39 линий) и 5-ти клонов комбинации *K-1938* × *Лидия* (49 линий). В качестве методики проведения электрофоретического разделения проламиновой фракции запасных белков и математической обработки полученных результатов использовали методические рекомендации ВИР.

Статистическую обработку и кластерный анализ проводили с использованием программы PRIMER 6.

Результаты и обсуждения. В ходе выполнения исследований были получены спектры запасных белков родительских форм и линий межвидовых гибридов *A.strigosa* × *A.sativa* (рисунок 1).

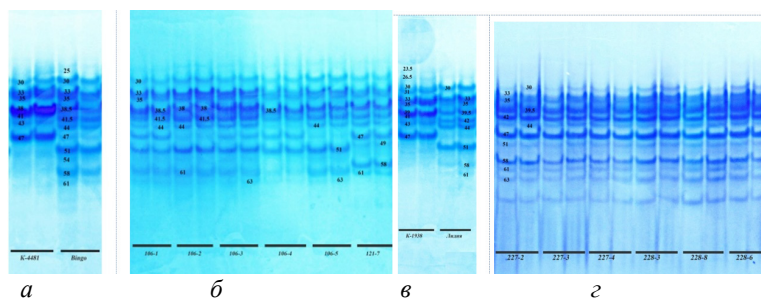


Рисунок 1 – Электрофоретические спектры авенинов родительских форм (а - *K-4481* и *Bingo*, в - *K-1938* и *Лидия*) и линий межвидовых гибридов (б и г).

Были посчитаны подвижности *R_f* полипептидных компонентов для каждой электрофореграммы. Установлено, что спектр запасных белков материнских формы *A.strigosa* более беден быстроподвижными полипептидными компонентами, чем отцовской *A.sativa* (таблица 1). Так, самый подвижный компонент *A.strigosa* имеет *R_f*=47, а *A.sativa* – 61.

Анализируя спектры авенинов полученных межвидовых гибридов можно сделать вывод, что гибридизация проведена успешно и все проанализированные линии являются гибридной формой *A.strigosa* × *A.sativa*, т.к. для всех них было характерно наличие как характерных материнских компонентов (*R_f* 31, 38,

Таблица 1 – Состав полипептидных компонентов родительских форм межвидовых гибридов

Наименование	<i>R</i> _f полипептидных компонентов спектра авенинов													
♀ K-4481				30		33	35	38		41		43		47
♀ K-1938	23,5		26,5	30	31	33	35		39	41		43		47
♂ Bingo		25		30		33	35	38,5			41,5		44	47
♂ Лидия				30		33	35			39,5		42	44	51
													54	58
													58	61
													61	61

39), так и отцовских (*Rf* 51-61). Однако, следует отметить, что общее расположение полипептидных компонентов межвидовых гибридов соответствует *A.sativa*, что объясняется кодоминантным типом наследования маркерных белковых признаков.

Отмечен определенный полиморфизм полипептидных компонентов для линий обеих комбинаций скрещивания. Используя методы статистической генетики были построены матрицы генетического сходства на основе попарного анализа с использованием коэффициента Джаккарда.

$$S_j = \frac{m}{m + (i + k)}, \text{ где:}$$

m – число пар полос сравниваемых спектров, одинаковых по подвижности, i – полосы, присутствующие в спектре В и отсутствующие в спектре А, k – полосы, присутствующие в спектре А и отсутствующие в спектре В.

Визуализация полученных результатов для комбинации К-4481 x Bingo представлена на рисунке 2. Кластеризация данных матрицы генетического сходства была сделана с применением теста SIMPROF.

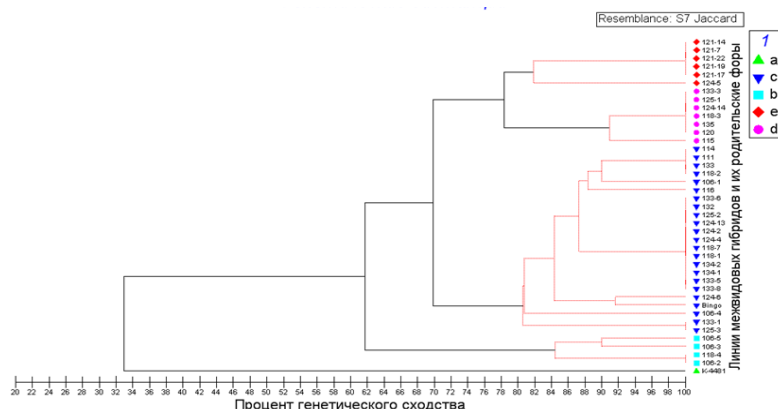


Рисунок 2 – Результаты кластерного анализа парных сравнений по коэффициенту подобия линий и родительских форм комбинации К-4481 x Bingo (статистически не значимое разделение отмечено красным)

Иерархическая кластеризация матрицы генетического сходства с последующим анализом SIMPROF (5 % уровень значимости и 1000 перестановок) использовалась для обнаружения статистически различных кластеров.

39 проанализированных линий, включая отцовскую форму Bingo, распределились в 4 достоверно различных группы. Отдельно отстоит материнская форма *A.strigosa* К-4481, имеющая не более 33 % генетического сходства, как с отцовской формой, так и с линиями межвидовых гибридов. На 62 % генетического сходства выделяется кластер, объединяющий линии 106-5, 106-3, 106-2, 118-4. На 70 % выделяются еще два кластера (самый многочисленный включает линии 114, 111, 133, 118-2, 116, 133-6, 132, 124-13, 124-2, 118-7, 118-1, 134-2,

134-1, 133-5, 124-6, 106-4, 133-1, 125-3), один из которых при 78 % генетического сходства разделяется на две группы, в одну из которых входят линии 121-14, 121-7, 121-22, 121-19, 121-17, 124-5, в другую – 133-3, 125-1, 124-14, 118-3, 135, 120, 115.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что несмотря на ожидаемую генетическую однородность линий (все отобраны от одной гибридной комбинации), фактически при клонировании и размножении потомства клонов произошла их генетическая дифференциация.

При анализе линий гибридной комбинации *K-1938* × *Лидия* установлено их достоверное разделение на 20 групп, из них 9 имеют более 90 % генетического сходства (рисунок 3). Материнский компонент *A.strigosa* *K-1938* имеет не более 26 % сходства с отцовской формой *A.sativa* *Лидия* и полученным гибридным потомством.

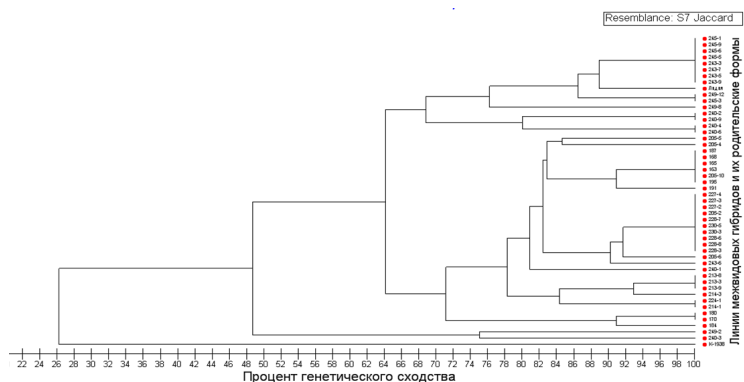


Рисунок 3 – Результаты кластерного анализа парных сравнений по коэффициенту подобия линий и родительских форм комбинации *K-1938* × *Лидия*

По количеству идентичных линий выделяются три группы гибридных линий. Первая объединяет десять образцов: 227-1, 227-2, 227-3, 205-2, 228-7, 230-5, 230-3, 228-6, 228-8, 228-3, вторая включает восемь образцов: 245-1, 245-9, 245-5, 245-6, 243-3, 243-7, 243-6, 243-9, третья – шесть: 187, 168, 165, 163, 205-10, 195. Остальные кластеры не включали более трех линий.

Как отмечено В.В. Ливадовым, иерархическая природа кластеризации приводит к тому, что решения отнесения схожих объектов к тому или иному кластеру могут быть в определенной степени произвольными. В нашей ситуации некоторую неопределенность в обработку результатов электрофоретического разделения авенинов и расчет подвижности компонентов вносили такие факторы как: размер зерновки и полнота экстракции белка. В связи с этим, даже когда объекты хорошо дифференцированы на группы, кластерный анализ рекомендуют использовать совместно с анализом MDS (многомерным шкалированием).

Процедура многомерного шкалирования изображает совокупность линий в виде набора точек в пространстве (в нашем случае применена модель 2D, а это значит на плоскости), а расстояние между точками отражает исходное взаимоотношение между объектами. Линии, которым в исходной матрице соответствуют меньшие меры сходств, находятся далеко друг от друга, тогда как линии, которым соответствуют большие меры сходств, – близко (рисунок 4).

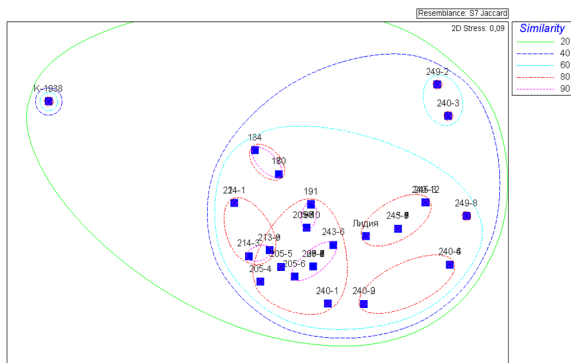


Рисунок 4 – Результаты MDS анализа линий и родительских форм комбинации *K-1938* × *Лидия* (подобие измерено на основании коэффициента Жаккарда)

В пакет программы PRIMER 6 в качестве метода многомерного шкалирования интегрирован не метрический метод Краскала, при котором проводится оценка не количественных значений сходств между объектами, а рангового порядка сходства. Для оценки степени соответствия между исходной матрицей сходств и расстоянием между точками в геометрическом пространстве оценивается функция стресса, в нашем случае величина стресса $< 0,1$, что свидетельствует о хорошем качестве результатов ординации.

Как видно из рисунка 5, при уровне сходства 80 % происходит четкое разделение исследованного материала на 9 групп, одна из них образована только материнской формой *K-1938*, еще три представлены отдельными линиями 249-2, 240-3 и 249-8. Таким образом, 46 из 49 линий, образуют 5 групп с уровнем генетического сходства 80 %. При 40 % сходства все линии и отцовская форма Лидия входят в одну группу, 60 % сходства объединяют все линии, за исключением 249-2, 240-3, которые составляют отдельную группу, что может указывать большие различия их генотипов по отношению к другим линиям.

Выводы

По результатам электрофоретического анализа запасных белков все полученные линии являются гибридной формой *A.strigosa* × *A.sativa*, так как в их спектре авенинов присутствуют и материнские (*Rf* 31, 38, 39) и отцовские (*Rf* 51-61) компоненты. Материнские формы *A.strigosa* *K-4481* и *K-1938* значитель-

но отличались по спектру запасных белков от отцовских форм *A.sativa*, а их генетическое сходство с потомством составило 33% и 28% соответственно.

Несмотря на ожидаемую генетическую однородность линий, фактически при клонировании и размножении потомства клонов в обеих комбинациях скрещивания (*K-4481* × *Bingo*, *K-1938* × *Лидия*), произошла генетическая дифференциация. Так, в комбинации *K-4481* × *Bingo* 39 линий образуют 4 достоверно различающиеся группы с уровнем сходства, не превышающим 78 %, в комбинации *K-1938* × *Лидия* 46 из 49 линий образуют 5 групп с уровнем генетического сходства 80 %.

Литература

1. Культурная флора. Овес. Том II. Часть 3 / Ред. В.Д. Кобылянский и В.Н. Солдатов. – М.: Колос, 1994. – 367 с.
2. Конарев, В.Г. Белки растений как генетические маркеры. – М.: Колос, 1983. – С. 5-25.
3. Конарев, В.Г. Белковые маркеры в сортовой идентификации и регистрации генетических ресурсов культурных растений / В.Г. Конарев // Тр. по прикл. бот., генет. и селек. 1987. Т.114. С. 3-14.
4. Конарев, В.Г. Морфогенез и молекулярно-биологический анализ растений. – С-Пб.: ВИР, 2001. – С. 172-195.
5. Конарев, А.В. Использование молекулярных маркеров в решении проблем генетических ресурсов растений и селекции / А.В. Конарев // Аграрная Россия. – 2006. – № 6. – С. 4-22.
6. Вавилов, Н.И. Центры происхождения культурных растений // Тр. по прикл. бот. и селек. – Л., 1926. – Т.16, № 2. – С. 1-138.
7. Зеленская, Я.Г. Характеристика старо-местных форм овса посевного (*Avena sativa* L.) из коллекции ВИР по полиморфизму авенина / Я.Г. Зеленская [и др.] // Аграрная Россия. – 2004. – №6. – С. 50-58.
8. Ториков, В.Е. Использование электрофоретических методов для идентификации сортов зерновых культур / В.Е. Ториков, Н.С. Шпилев, Ф.И. Клименков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2(172) – С. 5-12.
9. Шишлова, А.М. Генетико-биотехнологические основы создания межвидовых гетероплоидных гибридов овса. – Минск, 2011. – С.195.
10. Ливадов, В.В. Мезозоопланктон в районе канарского апвеллинга : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10 / В.В. Ливадов. – С-Пб. – 2014 – 213 л.

STUDY OF GENETIC POLYMORPHISM OF CLONED FORMS OF OATS INTERSPECIFIC HYBRIDS APPLYING THE METHOD OF AVENINE ELECTROPHORESIS

E.N. Kulinkovich, E.L. Dolgova, I.N. Sinita, S.N. Shevashneva

*Clones of oats interspecific hybrids and their parental forms were studied regarding electrophoretic patterns of storage proteins. Applying the method of statistical genetics genetic differentiation of 88 lines in two combinations *A.strigosa* × *A.sativa* was determined. For the combination *K-4481* × *Bingo* 4 significantly different groups with the similarity level not increasing 78% were identified. In the combination *K-1938* × *Lidia* 46 lines out of 49 ones form 5 groups with the genetic similarity level equal to 80 %.*

ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ПРОСА ПОСЕВНОГО РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В.Н. Куделко, Н.А. Лужинская, кандидаты с.-х. наук,

П.О. Кошевой, мл. научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 01.04.2021)

Рецензент: Лукашевич Т.Н., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты изучения образцов проса посевного различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИР с целью выявления источников хозяйственно-ценных признаков для целенаправленного использования в селекционном процессе в условиях Республики Беларусь. В результате проведенных исследований выделено 32 источника хозяйственно-ценных признаков (скороспелости, короткостебельности и устойчивости к полеганию, крупнозерности, продуктивности метелки, устойчивости к пыльной головне проса).

Просо – важная крупяная, продовольственная, кормовая, резервно-страховая культура, которая помимо скороспелости и засухоустойчивости имеет ряд ценных биологических и хозяйственных особенностей, выделяющих ее среди других зерновых культур [1]. Однако недостаточный адаптивный потенциал районированных сортов проса в Республике Беларусь является одной из основных причин нестабильной урожайности, особенно в неблагоприятные по погодным условиям годы [2].

Принципиально новым приоритетом селекции растений является необходимость сочетания в сортах высокой потенциальной продуктивности с устойчивостью к действию абиотических и биотических факторов [3]. И чем хуже почвенно-климатические условия в той или иной сельскохозяйственной зоне, тем выше роль генетической защищенности признаков потенциальной продуктивности и экологической устойчивости сортов и гибридов, т.е. адаптивной селекции. Известно, что экологическая приспособленность сорта, одним из важнейших факторов которой является устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды, не гарантирует успех сорта, если она не сочетается с другими решающими для производства свойствами (урожайность, качество зерна и т.д.) [4, 5]. Успешная селекционная работа по созданию адаптивных сортов предполагает наличие признаков для отбора [6]. В этой связи важная роль отводится изучению нового селекционного материала из разных стран мира, который может быть использован в дальнейшем для рекомбинации селекционных форм и создания ценных сортов.

Значительная часть генетических ресурсов проса сохранена в мировой коллекции ВИР, которая насчитывает более 9000 образцов различного геогра-

фического происхождения [7]. Ежегодно передаются новые коллекционные образцы проса для размножения, поддержания и изучения мировых генетических ресурсов в Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», что в дальнейшем может быть использовано в сельском хозяйстве Беларуси.

Материал и методика проведения исследований. Коллекция проса представлена селекционными сортами, генетическими и селекционными линиями, гибридами и мутантами различного эколого-географического происхождения. Изучение коллекционного материала проса проводили в 2019-2020 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,29-2,72 %, P_2O_5 – 178-254 мг/кг, K_2O – 278-420 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,3-6,6.

Закладка коллекционного питомника осуществлялась согласно общепринятым методикам [8]. Обработку почвы, посев и уход за посевами проводили в соответствии с агротехникой, принятой для возделывания проса в Беларуси [9]. В качестве контроля использовался сорт проса *Галинка* селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Устойчивость растений к основным болезням и полеганию определяли визуально по 9-балльной шкале согласно унифицированному классификатору для проса [10]. Лабораторный анализ структуры урожая проводился согласно методическим указаниям по изучению мировой коллекции проса [11].

Разнообразие погодных условий за годы исследований позволило дать наиболее полную оценку изучаемому материалу по комплексу или отдельным хозяйственно-полезным признакам.

Результаты и их обсуждение. В 2019-2020 гг. изучали 154 образца проса посевного различного географического происхождения, из них 114 дополнительно оценивали на устойчивость к наиболее распространенным болезням проса (пыльная головня, пирикулярриоз, гельминтоспориоз, фузариоз).

Наибольшее число образцов получено из России (56 шт. или 36,4 %), 42 шт. (27,3 %) – из Украины, 41 шт. (26,6 %) – из Беларуси. Образцы из Казахстана составляли 11 шт. (7,1 %). Из других стран получено по 2 образца или по 1,3 % (Венгрия, Индия) и 1 шт. (0,6 %) – из Афганистана (рисунок 1).

Изучаемые сортообразцы проса относятся к 23 разновидностям: *aureum* – 36 образцов (23,5 %), *coccineum* – 25 шт. (15,7 %), *sanguineum* – 24 шт. (14,9 %), *flavum* – 15 шт. (9,8 %), *miliaceum* – 10 шт. (6,5 %), *subflavum* и *subcoccineum* – по 9 шт. (5,8 %), *cinereum* и *subsanguineum* – по 4 шт. (2,7 %), *vitellinum* и *badium* – по 3 шт. (1,9 %), *fatyka* и *album* – по 2 шт. (1,4 %) и по 1 образцу (по 0,6 %) относятся к разновидностям *subbadium*, *subgriseum*, *fulvastrum*, *contractum*, *subvitellinum*, *aurantiacum*, *subaurantiacum*, *subcinereum*, *atrocastaneum*, *thephrum* (рисунок 2).

Коллекционные образцы проса различались между собой по полевой всхожести, длине вегетационного периода, высоте растений, форме метелки,

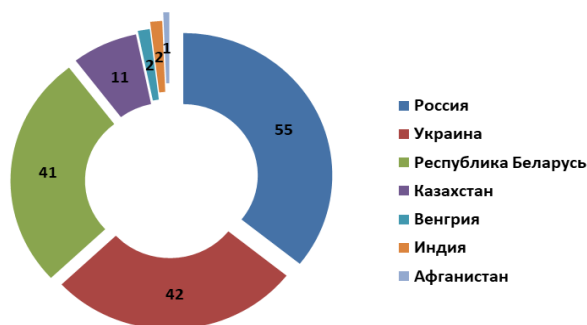


Рисунок 1 – Эколого-географическое происхождение коллекционных образцов проса

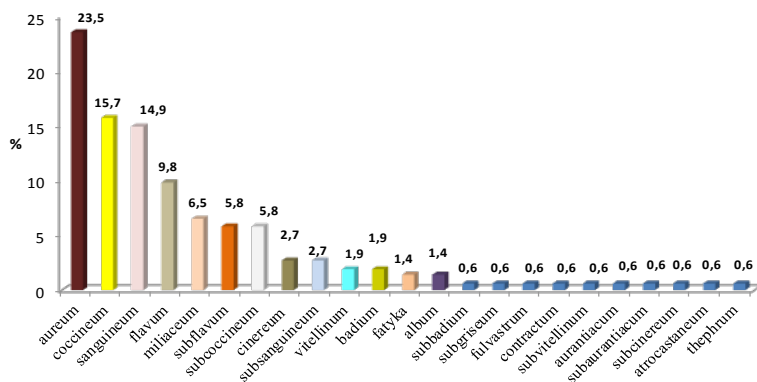


Рисунок 2 – Распределение коллекции проса посевного в зависимости от разновидности, %

массе 1000 зерен, окраске зерновой оболочки, длине и продуктивности главной метелки.

Полевая всхожесть семян в зависимости от образца изменялась от 25,2 (*NEMP 48 15220*) до 91,4 % (*Panicum 71, IBO 11984, IBO 11974, ДОЖ*).

Средняя продолжительность вегетационного периода составляла от 77 суток у образца *Белгородское 1* (Россия) до 102 суток у образцов *Fertodi 6* (Венгрия), *Ld 2513* (Россия). Наиболее скороспелыми (78-80 суток) оказались образцы *НУР, Оренбургское 42, Радуга, Удалое* (Россия), *Харківське 86, Ювілейне, Черноморське 86* (Украина), *IBO 11960, IBO 11964* (Беларусь). В среднеспелую группу (81-100 суток) входили образцы белорусского происхождения *Белир, Дружба 2, Западное, Изумруд, Знічка, IBO 11957, IBO 11961, IBO 11974, IBO 11981, IBO 11984* и контрольный сорт *Галинка*.

Просо относится к культурам, которые в отдельные годы в первую очередь используются для получения высококачественной зеленой массы, урожайность которой во многом зависит от высоты растений. В условиях центральной части Беларуси высота растений изучаемых образцов варьировала от 79,9 до 157,2 см. Большая часть коллекции проса (57,2 %) имела высоту растений более 110 см (высокорослая группа), к этой группе также относился и контрольный сорт *Галлинка*, у которого этот показатель составил 114,9 см (рисунок 3). К группе очень высокорослых (>140 см) относились такие образцы как *Fertodi 6* (143,1 см), *Воронежское 881* (146,1 см), *IBO 11979* (146,4 см), *IBO 11970* (148,5 см), *IBO 11976* (153,2 см), *Веселоподолянське 16* (157,2 см). Устойчивость к полеганию у сортообразцов данных групп была низкой (2-5 баллов). Среднерослые образцы составляли 38,3 % изучаемой коллекции. Именно эта часть коллекционных образцов была достаточно устойчива к полеганию (6-9 баллов). В данной группе выделились такие образцы как *Кинельское*, *Оренбургское 42*, *Орех*, *Саратовское 3* (Россия), *Дружба 2*, *Белир* (Беларусь) с устойчивостью к полеганию 6 баллов. К низкорослым (до 80 см) относился только один образец *Местное Афганистан* (Афганистан).

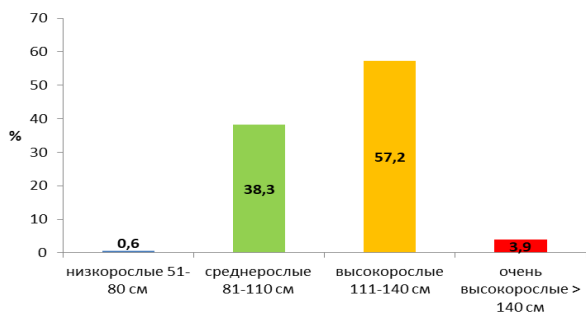


Рисунок 3 – Распределение коллекции проса посевного по высоте растений, %

По данным А.Ю. Суркова [12] в селекционной работе при создании новых сортов проса необходимо учитывать тип метелки. Форма метелки у изучаемых коллекционных сортообразцов была представлена тремя типами: развесистая (50,0 %) – *Сяйво*, *Лілове*, *Біла Альтанка*, *Fertodi 6*, *Зеленовское*, *Воронежское 881*, *Знічка* и др., раскидистая (4,3 %) – *Вольное*, *LD 2495*, *Омское 9*, *Славянское*, *Барнаульское 98* и др., сжатая (45,7 %) – *Волжское 3*, *Киевське 96*, *Кормовое 98*, *Аскольдо*, *Баганское 88*, *Уральское 109*, *Харківське 22* и др. (рисунок 4).

Сжатые формы метелки отличаются высокой продуктивностью, крупным зерном с высоким содержанием каротиноидов и яркостью ядра. Однако данные формы имеют низкую адаптивную способность и стабильность, что существенно снижает их селекционную ценность. В то же время образцы с развесистым типом метелки сочетают высокую урожайность со стабильностью, что необходимо учитывать при создании новых сортов.

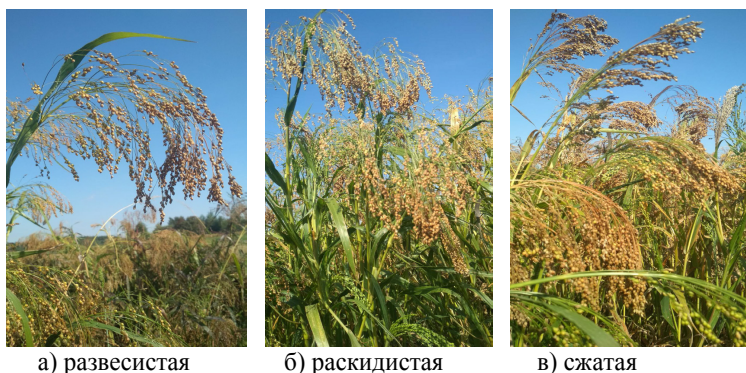


Рисунок 4 – **Формы метелок изучаемых сортообразцов проса**

Одним из главных элементов структуры урожайности является масса 1000 зерен. Этот показатель изменяется в зависимости от сортовых особенностей и условий выращивания. Анализ полученных результатов показал, что масса 1000 зерен у изучаемых образцов изменялась от 5,0 г у сорта *Зеленовское* (Казахстан) до 10,6 г у сортообразца *Ld 2596* (Россия). У 44,1 % сортообразцов этот показатель не превышал 7,0 г (рисунок 5). Основная часть коллекции (55,9 %) имела большую (7,1-8,0 г) и очень большую (>8,0 г) массу 1000 зерен. При этом 80 образцов различного происхождения отличались более крупным зерном по сравнению с контролем *Галинка* (7,1 г). Наиболее высокие показатели по этому признаку отмечены у образцов *Крестьянка*, *Кинельское 92*, *Ld 2596* (Россия), *1003-1-83* (Казахстан), *Огонек* (Беларусь) (9,2-10,6 г).

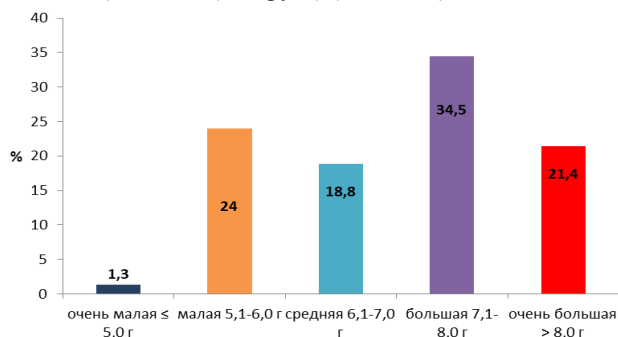


Рисунок 5 – **Распределение коллекции проса посевного по массе 1000 зерен, %**

Стабильностью по массе 1000 зерен отличались образцы из Украины *Аскольдо* (7,4 г), *Біла Альтанка* (8,2 г), *Лілове* (8,3 г), *Сяйво* (7,4 г), *Слобожанське* (7,7 г), России – *Горлинка* (7,9 г), *Данила* (7,6 г), *Ильиновское* (8,5 г), *НУР* (7,5 г), Беларуси – *Днепровское* (6,9 г), *Изумруд* (8,3 г), *Дублон* (9,1 г), *Свицязянское*

(7,3 г), *ДОЖ* (8,2 г). Все они находились на уровне или превосходили контроль по данному показателю.

Коллекционные образцы проса посевного имели разнообразную окраску плодовых оболочек. Так, наибольшее их число отличались красной (33,9 %) или желтой (24,1 %) окраской зерна. На остальные цвета приходилось от 0,6 до 7,8 % образцов проса (рисунок 6). Цвет зерновых оболочек изучаемых коллекционных сортообразцов представлен кремовой (*Славянское*, *Княжеское*, *Галинка*), белой (*Panicum 45*, *Местное Афганистан*), светло-желтой (*Омское 5*, *IBO 11959*, *IBO 11961*), желтой (*Эльбрус 10*, *Благодатное*, *Веселоподольняське 694*, *Омряне*), каштановой (*Fertodi 6*, *K-8705*, *Линия 665-4*, *549/16 ZOVASZPATONAI*), золотистой (*Слобожанське*, *Зеленовское*), бронзовой (*Panicum 12*, *Золушка*), красной (*Бахетле*, *Крестьянка*, *НУР*), темно-красной (*Памяти Берсиева*), серой (*IBO 11965*, *IBO 11969*) окраской.

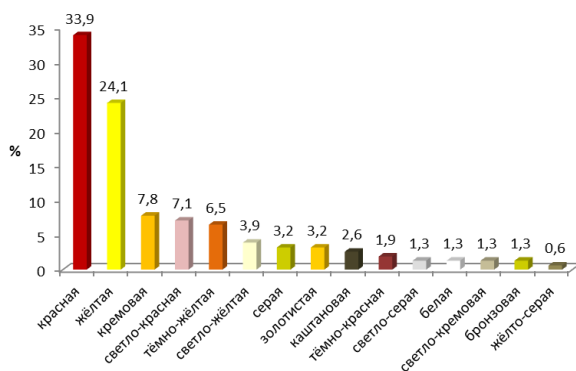


Рисунок 6 – Распределение коллекции проса посевного по окраске зерновых оболочек, %

Важным элементом продуктивности растения проса посевного является длина метелки. Около половины изученных образцов (46,1 %) имели метелку средней длины (22,1-29,0 см), еще 37,0 % отличались длиной метелкой (29,1-36,0 см) (рисунок 7). Выделились по этому признаку образцы *Бахетле*, *Веселоподольняське 694*, *Зоряне*, *Козацьке* (Украина), *Воронежское 897*, *Золотистое 10*, *Эльбрус 10* (Россия), *IBO 11958*, *IBO 11964*, *IBO 11967*, *IBO 11969*, *IBO 11976*, *IBO 11979*, *IBO 11982* (Беларусь), длина метелки у которых варьировала от 31,9 до 35,4 см. Очень длинная метелка была только у одного российского сортообразца (*2568 F4*) и составляла 39,9 см. Однако чем длиннее метелка, тем более растянут период ее созревания, поэтому для селекции скороспелых сортов наибольший интерес представляют образцы с короткой метелкой, обладателями которой были сорта *Актюбинское кормовое*, *Оренбургское 14*, *Саратовское 6* (Россия), *Памяти Берсиева* (Казахстан), *Янтарне* (Украина), *Местное Афганистан* (Афганистан) (15,1-22,0 см).

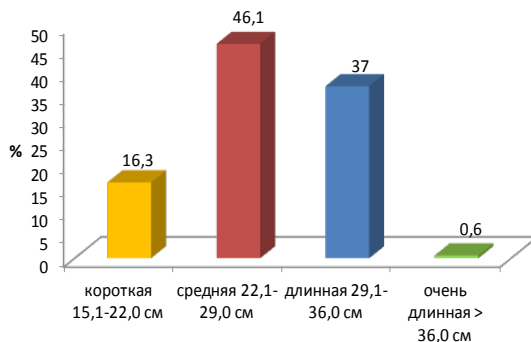


Рисунок 7 – Распределение коллекции проса посевного по длине метелки, %

Одним из важнейших направлений селекции является создание высокопродуктивных сортов. Наибольший интерес для селекции представляют образцы с высокой продуктивностью метелки, которые меньше подвержены влиянию погодных условий. Полученные результаты показали, что генотипический диапазон варьирования данного показателя в наших условиях был довольно широким (от 2,2 до 11,7 г). Основная часть коллекции относится к средней (48,2 %) и низкой (29,8 %) группе продуктивности главной метелки по сравнению с контролем *Галинка* (рисунок 8), у которого этот показатель за годы исследований в среднем находился на уровне 5,3 г.

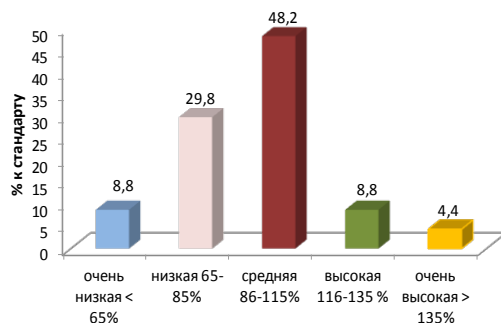


Рисунок 8 – Распределение коллекции проса посевного по массе зерна с главной метелки (% к контролю)

Максимальный интерес для дальнейшего использования в селекционном процессе представляют образцы, входящие в высокую (*Киевське 95*, *Воронежское 894*, *Веселоподолянське 311*, *Бахетле*, *Омріяне*, *Біла Альтанка*, *Благодатное*, *Козацьке*) и очень высокую (*2568 F4*, *Изумруд*, *Веселоподолянське 694*, *Вольное*) группы с массой зерна с главной метелки 8,1-9,1 г и 10,4-11,7 г соответственно.

Оценка коллекционных образцов проса на болезнеустойчивость показала, что в сложившихся погодных условиях 2019-2020 гг. наиболее вредоносной инфекцией проса являлась пыльная головня. Анализ данных за годы исследований показал, что заражение пыльной головней приводит к статистически достоверному снижению высоты растений в среднем на 12,6 см (10,5 %), длины метелки – на 1,9 см (6,9 %) и массы зерна с метелки – на 1,7 г (29,3 %). При попарном сопоставлении распространенности головни и массы зерна с метелки по конкретным сортообразцам было выявлено несколько групп: 1 – группа высокоустойчивых сортообразцов; 2 – группа выносливых (толерантных) сортообразцов, которые поражались, но имели высокую массу зерна с метелки; 3 – все остальные, малоустойчивые сортообразцы с низкой массой зерна с метелки. К первой (высокоустойчивой) группе в течение двух лет относились 7 сортообразцов: *Ильиновское*, *Славянское*, *Біла Альтанка*, *Доброе*, *ІВО 11970*, *Довское* и *Жодинское*, ко второй (толерантной) группе сорт проса *Вольное*. Сортообразцы, входящие в указанные две группы, могут быть использованы в качестве источников повышенной устойчивости и выносливости к пыльной головне проса. Развитие пирикулярноза и фузариоза метелки было незначительным, что не позволило дифференцировать сортообразцы проса по устойчивости к данным болезням. Гельминтоспориозом поразились в той или иной степени все изученные сортообразцы проса. Иммунных (невосприимчивых) сортообразцов к данной болезни не обнаружено, высоковосприимчивых (4 балла) также не зафиксировано. Среднее поражение коллекции проса гельминтоспориозом составило 1,4 балла.

По результатам исследований с учетом проявления различных селекционных признаков в качестве исходного материала для селекции в условиях Беларуси можно рекомендовать следующие источники:

- скороспелости – *НУР*, *Оренбургское 42*, *Радуга*, *Удалое* (Россия), *Харківське 86*, *Ювілейне*, *Черноморське 86* (Украина), *ІВО 11960*, *ІВО 11964* (Беларусь);
- короткостебельности и устойчивости к полеганию – *Кинельское 92*, *Оренбургское 42*, *Орех*, *Саратовское 3* (Россия), *Дружба 2*, *Белир* (Беларусь);
- крупнозерности (с высокой массой 1000 зерен) – *Крестьянка*, *Кинельское 92*, *Ld 2596* (Россия), *1003-1-83* (Казахстан), *Огонек* (Беларусь);
- продуктивности метелки – *2568 F4*, *Вольное* (Россия), а также *Веселоподольське 694* (Украина) и *Изумруд* (Беларусь);
- устойчивости к пыльной головне проса – *Ильиновское*, *Славянское*, *Вольное*, *Доброе* (Россия), *Біла Альтанка* (Украина), *ІВО 11970*, *Довское*, *Жодинское* (Беларусь).

Выводы

1. Изучавшиеся сортообразцы проса посевного имеют различное эколого-географическое происхождение (Россия, Украина, Беларусь, Казахстан, Венгрия, Индия, Афганистан) и представлены 23 разновидностями.

2. Коллекционные образцы проса различались между собой по полевой всхожести, длине вегетационного периода, высоте растений, форме метелки, массе 1000 зерен, окраске зерновой оболочки, длине и продуктивности главной метелки.

3. Изучение проса различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции ВИР позволило выделить 32 источника хозяйственно-ценных признаков, которые рекомендуется использовать в селекционном процессе.

Литература

1. Турусов, В.И. Технология возделывания проса в Воронежской области / В.И. Турусов, А.М. Новичихин, А.Ю. Сурков, И.В. Суркова. – Каменная Степь, 2019. – 26 с.
2. Корзун, О.С. Просо в Беларуси / О.С. Корзун, Т.А. Анохина, Р.М. Кадыров. – Гродно, 2013. – 198 с.
3. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений. – Самара, 2003. – 275 с.
4. Жученко, А.А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке. – Саратов, 2000. – 275 с.
5. Никифорова, И.Ю. Оценка адаптивного потенциала проса посевного различных групп спелости по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку «урожайность зерна» / И.Ю. Никифорова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №1(13). – С. 71-77.
6. Введенская, И.О. Оценка генетического разнообразия проса обыкновенного (*Panicum miliaceum* L.) на основе использования ДНК-маркеров / И.О. Введенская, Д.Н. Ваухан, А.Ф. Курцева, К. Дой // С.-х. биология. – 2002. – №5. – С. 56-63.
7. Сайт Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР) [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.vir.nw.ru/index_r.htm – Дата доступа: 10.02.2021.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разраб.: Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2012. – С. 138-145.
10. Широкий уніфікований класифікатор проса (*Panicum miliaceum* L.) / Л.В. Григорашенко, С.Г. Холод, О.І. Рудник, В.К. Рябчун, Л.Н. Кобизева, С.М. Горбачова. – Харків, 2009. – 62 с.
11. Лысов, В.Н. Просо – *Panicum miliaceum* L. / В.Н. Лысов // Культурная флора СССР: в 3 томах; под ред. А. А. Корнилова. – Т. 3: Гречиха, просо, рис. – Л.: Колос, 1975. – С. 124-236.
12. Сурков, А.Ю. Влияние типа метелки на хозяйственно-ценные признаки проса / А.Ю. Сурков, И.В. Суркова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – №4(24). – С. 7278.

STUDY OF COMMON MILLET SAMPLES OF DIFFERENT ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ORIGIN

V.N. Kudelko, N.A. Luzhinskaya, P.O. Koshevoi

The paper presents the results of the study of common millet samples of different ecological and geographical origin from the VIR's world collection in order to identify the sources of economically important traits for targeted use in breeding in the Republic of Belarus. As a result of the conducted research 32 sources of economically important traits (early ripeness, short stems, resistance to lodging, large grains, tassel productivity, resistance to loose smut) were identified.

**ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО
(*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.) ПО АЛКАЛОИДНОСТИ СЕМЯН**

Н.В. Анисимова*, канд. биол. наук, **Е.Н. Сысолятин***, мл. н. сотрудник,
М.Н. Крицкий, В.Ч. Шор, М.В. Евсеев, кандидаты с.-х. наук,
В.В. Гринь, вед. научный сотрудник, **А.А. Козловский**, научный сотрудник,
А.В. Кильчевский*, академик НАН Беларуси

**ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 19.02.2021)*

Рецензент: Э.П. Урбан, доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье приводятся результаты оценки исходного материала люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) различного происхождения с использованием маркерного анализа генов, контролирующих проявление одного из важных хозяйственно-ценных признаков «алкалоидность семян». проанализирована литература по созданию образцов с низким содержанием алкалоидов, концепции «горько-сладких» форм люпина и возможным направлениям использования генотипов люпина узколистного в сельскохозяйственной практике. Показана значимость проводимых исследований с привлечением молекулярно-генетических методов анализа для повышения эффективности селекционного процесса. Выделены образцы, обладающие признаком низкой алкалоидности, представляющие интерес для селекции на территории Республики Беларусь.

Одной из ценных высокобелковых бобовых культур является люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.). Люпин способствует улучшению структуры и фитосанитарного состояния почвы, активизации в ней микробиотических процессов, что положительно сказывается на почвенном плодородии. Растения люпина неприхотливы и в силу своих морфофизиологических особенностей способны благополучно произрастать на скудных, малоплодородных почвах. Широко известны сидеративные, почвообразующие свойства люпина узколистного, возделывание которого обеспечивает накопление азота до 200 кг на 1 га посева, что равноценно 36-40 т навоза, поддерживает положительный баланс гумуса в почве [1, 6]. Культура люпина приобретает особенно большое значение в условиях недостатка и удорожания источников минерального сырья, в частности, азота, использование которых в широких масштабах, помимо этого, ведет к ухудшению экологической ситуации. В качестве сидератов успешно применяются горькие сорта люпина узколистного, являющиеся более эффективными для этих целей.

Дикие типы люпина узколистного являются горькими из-за высокого содержания алкалоидов, что обеспечивает защиту растений от вредителей и

травоядных животных, а также вносят вклад в устойчивость растения к бактериальным и грибным патогенам. Семена горького люпина обычно содержат 1-2 % алкалоидов. Высокий уровень алкалоидов в тканях серьезно лимитирует использование люпина на корм животных и употребление в пищу человеком [8, 13].

К алкалоидам относятся азотсодержащие органические, преимущественно гетероциклические соединения природного происхождения (чаще растительного), большинство из которых обладает свойствами слабого основания. В люпине различных сортов наиболее часто встречаются люпинин ($C_{10}H_{19}ON$), люпанин ($C_{15}H_{24}ON_2$), спартеин ($C_{15}H_{24}N_2$) и гидроксилүпанин ($C_{15}H_{20}O_2N_2$), а также их соли – солянокислый люпанин, солянокислый спартеин и солянокислый гидроксилүпанин [12].

В небольших количествах алкалоиды имеют фармакологические свойства, однако их концентрация в семенах и вегетативных органах диких форм люпина исключает возможность употребления этих растений в пищу. Попадание в организм животных корма с высоким содержанием алкалоидов оказывает токсичный эффект. Доза алкалоидов 22-25 мг на 1 кг массы приводит к серьезному отравлению вплоть до летального исхода. В связи с этим, включение даже малоалкалоидных сортов люпина в рационы животных при замене зернового сырья требует постоянного строгого контроля во избежание негативных последствий в случае превышения допустимых концентраций алкалоидов.

До середины прошлого века люпин возделывали исключительно как сидеральную культуру на песчаных почвах. Содержание алкалоидов в семенах и зеленой массе на протяжении долгого времени ограничивало его использование в пищу, однако по мере появления новых малоалкалоидных сортов это ограничение теряет свою значимость.

Выведение низкоалкалоидных сортов люпина узколистного открыло перспективы перевода его из сидеральной культуры в группу основных кормовых культур, повысив тем самым его общую хозяйственную ценность. Используя методы анализа алкалоидов люпина, разработанные Д.Н. Прянишниковым, Рейнгард фон Зенгбуш в 1928-1929 гг. получил первые низкоалкалоидные мутантные генотипы *L. luteus* и *L. angustifolius*, а вскоре после этого *L. albus*, *L. mutabilis* и *L. perennis* [2]. Потомство первых безалкалоидных растений послужило материалом для создания сортов кормового назначения. Были выведены сорта узколистного люпина с низким содержанием алкалоидов *Кристалл*, *Снежить*, *Белозерный 110*, *Надежда*, *Смена* и другие.

Основное назначение люпина в кормопроизводстве – балансировка концентрированных кормов и кормосмесей для повышения их питательности. В отличие от сои белок люпина содержит низкое количество ингибиторов трипсина, что повышает его перевариваемость. По мнению специалистов РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», созданные в центре сорта зернобобовых культур способны заменить соевый шрот, который закупается за рубежом. Рекомендованное расширение посевных площадей под зернобобовыми культурами, включая люпин узколистный, в Беларуси до 350 тыс.

га позволило бы за счет импортозамещения вдвое снизить существующие затраты на закупку растительного белкового сырья для производства кормов [5].

Особый состав семян «сладкого» узколистного люпина, в основном включающий белки (30-35 %, а по некоторым данным до 40 %), диетические пищевые волокна (могут достигать до 30 %), ограниченное количество масла (4-8 %), определяет его ценность как источника разнообразных специфических ингредиентов, имеющих диетическую ценность и благоприятные перспективы использования в питании человека [12]. Так, белок люпина является полезным компонентом при приготовлении безглютеновых пищевых продуктов в виде различных видов выпечки, печенья, пирожных и других кондитерских изделий. Он обладает диетическими и лечебно-профилактическими свойствами.

Создание технологичных и малоалкалоидных сортов люпина является одной из актуальных проблем современной селекции, ускорить ее решение можно с вовлечением в селекционный процесс современных генетических методов и разработок. Применение ДНК-маркеров позволяет эффективно выявлять источники целевых аллелей и использовать их в селекционной работе при создании новых сортов.

Поиск селекционно-ценных генов и генетических источников хозяйственно важных признаков, разработка молекулярных маркеров к ним значительно облегчают и ускоряют процесс селекции сортов люпина с заданными характеристиками, а также значительно уменьшает трудоемкость и финансовые затраты на их создание.

Целью работы явилось исследование коллекции люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) с применением ДНК-маркеров к основным генам хозяйственно-ценных признаков и содержанию алкалоидов, выявление перспективных образцов, несущих целевые аллели.

Материалы и методика исследований. Исследования проводили в 2017-2019 гг. в отделе зернобобовых культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию и в ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» с использованием соответствующих методик.

Для определения алкалоидности использовали образцы семенного материала люпина узколистного из селекционных питомников. Молекулярно-генетические исследования проводили с использованием соответствующих методик. Выделение ДНК осуществляли из тканей молодых верхушечных листьев, отобранных с растений селекционных образцов в период вегетации. Навеску для выделения формировали, используя листья с пяти растений. 200 мг растительного материала помещали в 2,0 мл пробирки, клетки разрушали с добавлением лизирующего раствора (0,1 М Tris, 0,5 М NaCl, 0,05 М ЭДТА, 1,25 % SDS, 0,03 М Na₂HSO₃) на автоматическом гомогенизаторе TissueLyser II (Qiagen). Выделение ДНК проводили методом экстракции смесью фенола и хлороформа. ДНК из водной фазы извлекали спиртовым осаждением.

Маркерный анализ гена *iucundus* с помощью маркера IucLi (IucLi-f: CCAGGATAAATTAGTTGTGTC, IucLi-r: TCTTAGATGTATGATGAGTATGG) [8] осуществляли по схеме: плавление ДНК при 94 °С в течение 5 мин., затем

проводили 35 циклов: 94 °C – 30 с, 30 с при температуре отжига, 72 °C – 1 мин. Завершали реакцию финальной элонгацией при 72 °C в течение 5 мин. и охлаждением смеси до 15 °C в течение 5 мин. Реакционная смесь для ПЦР объемом 15 мкл содержала следующие компоненты: 1,5 ед. Taq-полимеразы (Dialat), 1x ПЦР-буфер, 2 mM MgCl₂, 200 мкМ каждого dNTP, 250 пмоль/мкл прямого и обратного праймера, 2,5 мкл тотальной геномной ДНК. Продукты амплификации, меченные флуоресцентной меткой, детектировали с помощью генетического анализатора ABI 3500 (Applied Biosystems, США).

Результаты исследований и обсуждение. В отделе зернобобовых культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» проводится селекционная работа по созданию сортов люпина узколистного трех направлений использования: зернового, зеленокустного и универсального. За годы проводимых селекционных исследований сформирована многочисленная коллекция сортов, сортообразцов и гибридных форм этой культуры. Для проведения молекулярно-генетических исследований отобраны перспективные образцы люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) в количестве 41 шт.

Обнаружение естественных генетических источников малоалкалоидности, а также разработка эффективных методов определения концентрации алкалоидов в растительных тканях положили начало селекционной работе по созданию «сладких» сортов люпина. Генетические исследования слабоалкалоидных форм показали, что сниженная алкалоидность наследуется как простой рецессивный признак.

По опубликованной информации у люпина узколистного известно как минимум 4 неаллельных гена малоалкалоидности *iucundus*: *iucundus* (*iuc*), *esculentus* (*es*), *depressus* (*depr*), *tantalus* [7, 11]. Каждый ген характеризуется определенной степенью снижения содержания алкалоидов (*iuc* – низкое содержание алкалоидов, *es* – средне-низкий уровень алкалоидов, *depr* – очень низкое содержание алкалоидов и *tantalus* – низкое содержание алкалоидов) [16].

Главный ген, регулирующий концентрацию алкалоидов в семенах – *iucundus* (*iuc*). Установлено, что ген *iucundus* локализован в группе сцепления NLL-07 [14]. При этом имеются сведения о существовании генов, восстанавливающих синтез алкалоидов в узколистном люпине вследствие комплементарного эффекта. Чтобы избежать подобного восстановления синтеза алкалоидов, вызванного комплементарными эффектами генов, в программах селекции люпина используют только ген *iucundus* из шведского сорта Borre [7]. Для оценки аллельного состояния ключевого гена низкой алкалоидности *iucundus* разработан специфический ДНК-маркер *IucLi* [10].

Старые австралийские изогенные линии узколистного люпина, несущие ген *iuc*, имели показатели урожайности на 30 % ниже, чем горькие линии [9]. Кроме того, малоалкалоидные генотипы люпина узколистного сильнее поражаются грибными инфекциями, насекомыми-вредителями, менее устойчивы к воздействию неблагоприятных метеорологических факторов. Замечено, что алкалоидные формы отличаются более мощным развитием, наличием боковых ветвей, большей озерненностью, крупностью семян, высоким содержанием

протеинов [3]. Отмеченные отрицательные последствия снижения алкалоидности привели к возникновению концепции «горько-сладкого» люпина. Известно, что алкалоиды люпина первоначально продуцируются в хлоропластах листьев, транспортируются по всему растению через флоэму и запасаются в эпидермальных клетках и семенах [15]. Используя тот факт, что в семенах люпина алкалоиды не синтезируются, а лишь накапливаются, есть предложения путем манипулирования системой транспорта алкалоидов получить «горько-сладкие» формы люпина с высоким содержанием алкалоидов в зеленых тканях и низким в семенах [4, 17, 18].

С применением молекулярно-генетических методов нами проведено генотипирование коллекции исследуемого материала люпина узколистного по гену пониженного содержания алкалоидов *iucundus* (маркер IucLi).

Список использованных для маркерного анализа праймеров с указанием их нуклеотидных последовательностей приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Список используемых в работе маркеров к генам отвечающих за признак алкалоидности семян

Признак (ген)	Название олигонуклеотида	Последовательность олигонуклеотида, 5' → 3'
Алкалоидность (<i>iucundus</i>)	IucLiF	CCAGGATAAATTAGTTGTGTC
	IucLiR	TCTTAGATGTATGATGAGTATGG

В случае наличия культурного рецессивного аллеля пониженного содержания алкалоидов в результате ПЦР с указанными праймерами образуется фрагмент IucLi^d размером 291 п. н. (рисунок 1). В присутствии диких (алкалоидных) аллелей амплифицируются фрагменты: IucLi^{w1} – 309 п. н., IucLi^{w2} – 304, IucLi^{w3} – 298, IucLi^{w4} – 292, IucLi^{w5} – 290, IucLi^{w6} – 285, IucLi^{w7} – 284, IucLi^{w8} – 274 п. н.

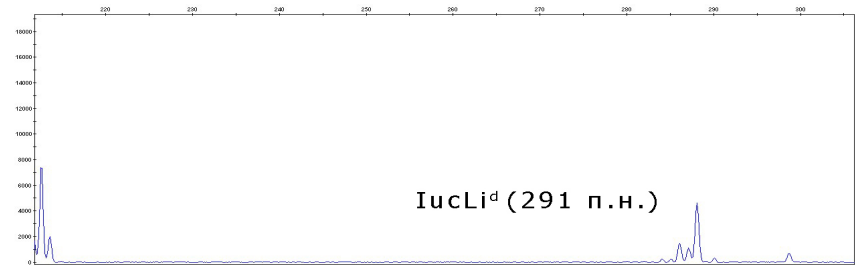


Рисунок 1 – Выявленный фрагмент маркера IucLi^d (291 п.н.), соответствующий аллелю пониженного содержания алкалоидов

Маркерный анализ исследуемых форм люпина узколистного показал, что все культурные образцы нашей коллекции несут в своих геномах аллель пони-

женного содержания алкалоидов *lucLi*^d (291 п.н.) (таблица 2). Поскольку признак алкалоидности у люпина является полигенным, а *lucLi* – единственный разработанный на сегодняшний день ДНК-маркер к гену *lucundus*, селекцию на пониженное содержание алкалоидов необходимо осуществлять при строгом контроле фенотипа из-за возможного восстановления алкалоидности в результате рекомбинации или неаллельного взаимодействия генов при переопылении с растениями, несущими гены высокой алкалоидности.

Таблица 2 – Результаты маркерного анализа образцов люпина узколистного

Сорт/сортаобразец	Ген <i>lucundus</i> (маркер <i>lucLi</i>)
Миртан	<i>lucLi</i> ^d
КП-15 д.7 (Д х М) КСИ-2	<i>lucLi</i> ^d
КП-15 д.7 (Д х М) КСИ-3	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-5 Гбр.66 (М х Т)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-6 (ТМ)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-7 (СП-II, д.30)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-8 (Гбр. 210)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-9 (К-37)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-11 (Талант)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-12 (С-11)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-13 (С-16)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-16 (К-56)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-17 (К-17)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-18 (К-53)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-19 (К-15), бел.	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-20 (КП-16, д.54)	<i>lucLi</i> ^d
КСИ-14 (К-80)	<i>lucLi</i> ^d
Коллекция д.17	<i>lucLi</i> ^d
Коллекция д.16	<i>lucLi</i> ^d
КП д.5 (Гбр. 232)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.7 (Гбр. 232)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.9 (КП-14 д.34)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.12 (Гбр. 230)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.22 (Гбр. 125)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.26 (СП-I, д.9)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.35 (Гбр. 228)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.39 (Гбр. 229)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.82 (КСИ-16, д.9)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.88 (Кармавы)	<i>lucLi</i> ^d
ПР-1 (Гбр. 210)	<i>lucLi</i> ^d
ПР-5 (К-24)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.47 (Гбр. 229)	<i>lucLi</i> ^d
КП д.87 (3. укосн.)	<i>lucLi</i> ^d
СП 2 д.17	<i>lucLi</i> ^d
Ванюша	<i>lucLi</i> ^d
Из 1	<i>lucLi</i> ^d

Сорт/сортобразец	Ген <i>iucundus</i> (маркер <i>IucLi</i>)
Из 2	IucLi^d
Из 3	IucLi^d
Из 4	IucLi^d
Из 5	IucLi^d
Першацвет	IucLi^d

*- Примечание: **IucLi**; IucLi^d (291) – низкое содержание алкалоидов

В селекционных программах для предотвращения попадания генов повышенной алкалоидности при создании нового генофонда люпина узколистного проведен скрининг содержания алкалоидов в растительном материале в экспериментальных образцах разных этапов селекции (92 образца) с целью предотвращения спонтанного возникновения горьких форм. Выявление горьких генотипов на первом этапе селекции и последующее их исключение из селекционного процесса по созданию «сладких» форм, используемых на кормовые цели, является одним из наиболее эффективных и важных методов получения доноров ценных признаков – форм с низким и очень низким содержанием алкалоидов.

Анализ результатов лабораторных исследований селекционного материала люпина узколистного показал, что в экспериментальном материале основное количество образцов (85 %) относится к группе с низким содержанием алкалоидов в семенах 0,025-0,099 % (рисунок 2). Группа образцов с содержанием алкалоидов менее 0,025 % составляет 9 %. Данные образцы в перспективе могут быть использованы для получения сортов люпина пищевого назначения. Как правило, образцы с более высоким содержанием алкалоидов (свыше 0,06 %) не включаются в селекционный процесс.

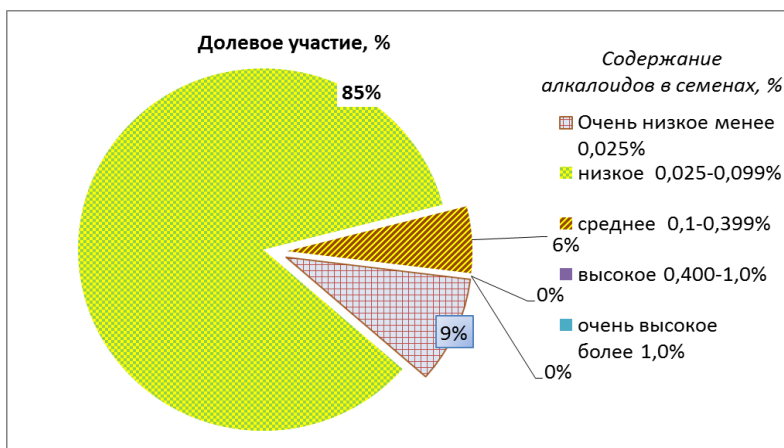


Рисунок 2 – Распределение образцов люпина узколистного по содержанию алкалоидов в семенах

Долевое участие группы образцов со средним (0,1-0,399 %) содержанием алкалоидов составляет 6 %. Данные образцы могут быть использованы для создания сортов сидерального назначения или будут выбракованы. Образцов с высоким (0,4-1,0 %) и очень высоким (более 1,0 %) содержанием алкалоидов в семенах не выявлено, что говорит о правильно подобранном исходном материале и эффективности применяемой системы браковки форм с высоким накоплением алкалоидов. Контроль содержания алкалоидов в сочетании с ДНК-контролем целевых генов у экспериментальных образцов с применением методов маркерного анализа необходимо продолжать на всех этапах селекционного процесса для недопущения попадания алкалоидных форм в селекционный материал.

Заключение

Проведено ДНК-типирование коллекции образцов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) с использованием ДНК-маркеров, связанных с генами, контролирующими признак алкалоидности, для определения возможности и направления использования образца в сельскохозяйственной практике.

Результаты маркерного анализа исследуемой коллекции показали, что по признаку пониженное содержание алкалоидов по гену *iucundus* у всех образцов, включенных в состав коллекции, выявлены культурные аллели. Последующий ДНК-контроль полученных гибридных форм позволит эффективно выявлять и отбирать генотипы, несущие культурные аллели хозяйственно-ценного признака для продолжения селекционной работы и своевременно выбраковывать комбинации с дикими аллелями, выщепляющимися в гибридных популяциях.

Проведен анализ данных лабораторных исследований селекционного материала люпина узколистного, который показал, что в исследуемом материале основное количество образцов (85 %) относились к группе с низким содержанием алкалоидов в семенах 0,025-0,099 %. Образцов с высоким (0,4-1,0 %) и очень высоким (более 1,0 %) содержанием алкалоидов в семенах не выявлено, что говорит о правильно подобранном исходном материале и эффективной системе браковки форм с высоким содержанием алкалоидов. Полученные результаты показывают необходимость проведения дальнейшей работы по недопущению попадания алкалоидных форм в селекционный процесс.

Литература

1. Купцов, Н.С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы. / Н.С. Купцов, И.П. Такунов // Брянск, Клиницы: Изд-во ГУП «Клиновская городская типография», 2006. – 576 с.
2. Люпин узколистный // Агрофирма Поле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://firmapole.ru/products/summer-seeds/lupines-blue/>. – Дата доступа: 11.12.2017.
3. Люпин – задачи селекции // Селекция полевых культур [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://selekcija.ru/lyupin-zadachi-selekcii.html>. – Дата доступа: 11.12.2017.
4. Майсурия, Н.А. Содержание и состав алкалоидов у люпина / Н.А. Майсурия, М.М. Эдельштейн // Люпин: сб. научных работ кафедр растениеводства, агрохимии и ботаники. – М., 1962. – С. 317-338.

5. Привалов, Ф.И. / Перспективы возделывания, селекции и семеноводства люпина в Беларуси / Ф.И. Привалов, В.Ч. Шор // Весці НАН Беларусі. – 2015. – №2. – С. 47-53.
6. Стержневая генетическая коллекция *Lupinus angustifolius* L.: генетика, формирование биологического банка генов, использование / Н. С. Купцов [и др.]; рец.: С.И. Гриб, В.С. Анохина; НАН Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2014. – 126 с.
7. Clements, J.C. Lupin / J.C.Clements, B.J.Buirchel, H.Yang, P.M.C.Smith, M.W.Sweetingham, C.G.Smith // In Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement, ed. R.J.Singh, P.P.Jauhar, 2005. – P. 231-324.
8. Gladstones, J.S. Lupins as crop plants // Field Crop Abstracts. – 1970. – Vol. 23. – P. 123-148.
9. Harrison, J.E.M. Genetical control of alkaloids in *Lupinus albus* / J.E.M. Harrison, W. Williams // Euphytica. – 1982. – Vol. 31. – P. 357-364.
10. Li, X. Development of a DNA marker tightly linked to low-alkaloid gene *iucundus* in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). / X. Li, H. Yang, B. Buirchell, G. Yan // Crop Past Sci, 2011. N. 62. – P. 218–224.
11. Lupins as Crop Plants. Biology, Production and Utilization / Gladstones J.S., Atkins C., Hamblin J., Atkins C.A. (Editor). – Cambridge, UK: CAB International, 1998.
12. LUPINS (Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lupins-bk.blogspot.com.by>. – Дата доступа 11.12.2017.
13. Maknickienė, Z., Alkaloid content variations on lupin (*Lupinus* L.) genotypes and vegetation periods. / Z. Maknickienė, R. Asakavičiūtė // Biologija. – 2008. – Vol. 54, N 2. – P. 112-115.
14. Nelson, M.N. Aligning a new reference genetic map of *Lupinus angustifolius* with the genome sequence of the model legume, *Lotus japonicas* / M.N.Nelson, P.M.Moolhuijzen, J.G.Boersma, M.Chudy, K.Lesniewska, M.Bellgard, R.P.Oliver, W.Swiecicki, B.Wolko, W.A.Cowling, S.R.Ellwood // DNA Res. – 2010. – Vol. 17, N 2. – P. 73-83.
15. Oram, R.N. Selection for higher seed yield in the presence of the deleterious low alkaloid allele *iucundus* in *Lupinus angustifolius*, L. // Field Crops Res. – 1983. – Vol. 7. – P. 169-180.
16. Swiecicki, W. Domestication and breeding improvement of narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.) / W. Swiecicki W. Swiecicki // Journal of Applied Genetics. – 1995. – Vol. 36. – P. 155-167.
17. Wink, M. Biological activities and potential application of lupin alkaloids // In Advances in Lupin Research. Proc 7th Int. Lupin Conf., Evora, Portugal, Neves-Martins, J.M. and Beirao da Costa, M.L., Eds., Technical University of Lisbon, Portugal, 1994. – P. 161.
18. Wink, M. Patterns of quinolizidine alkaloids in 56 species of the genus *Lupinus* / M.Wink, C.Meißner, L.Witte // Phytochemistry. – 1995. – Vol. 38, N 1. – P. 139-153.

STUDY OF BLUE LUPINE (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.) INITIAL MATERIAL FOR SEED ALKALOID CONTENT

**N.V. Anisimova, E.N. Sysolyatin, M.N. Kritsky, V.Ch. Shor, M.V. Evseenko,
V.V. Grin, A.A. Kozlovsky, A.V. Kilchevsky**

*The paper deals with the results of the assessment of blue lupine (*Lupinus angustifolius* L.) initial material using marker analysis of genes responsible for the demonstration of one of the most important economically valuable traits “seed alkaloid content”. The publications are analyzed on the creation of samples with a low alkaloid content, conception of bitter-sweet forms of lupine and possible directions of utilization of blue lupine genotypes in agriculture. The importance of the conducted research with the application of molecular-genetic methods to increase the efficiency of breeding is shown. The samples with the low alkaloid content trait are identified, which are important for breeding on the territory of the Republic of Belarus.*

**НОВЫЕ ВНУТРИВИДОВЫЕ ТАКСОНЫ ЛЮПИНА ЖЕЛТОГО
(*Lupinus luteus* L.) И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ
БЕЛОЦВЕТКОВЫХ СОРТОВ**

Е.В. Карпович, А.А. Козловский, В.Н. Войтова, Н.С. Купцов*, канд. биол. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»
(Поступила 25.02.2021 г.)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье дано описание 12 новых внутривидовых таксонов люпина желтого (6 разновидностей, 5 подразновидностей, 1 форма). Обсуждены направления их использования в селекции белоцветковых сортов люпина желтого.

Изучению внутривидового разнообразия люпина желтого (*L. luteus* L.) посвящен ряд работ флористов и селекционеров [1-6, 9, 11]. При его классификации исследователи использовали признаки окраски цветка и семенной кожуры. В наибольшей степени отражает объективную реальность внутривидового разнообразия люпина желтого и с успехом используется в исследованиях, практической селекции и семеноводстве систематика этого вида, разработанная в 1990 г. во Всесоюзном НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова [5]. По положениям этой систематики у люпина желтого диагностическими признаками при определении ранга разновидности являются окраска цветка и семени, ранга подразновидности – наличие или отсутствие антоциана на кончике лодочки цветка, ранга формы – наличие редукции симподиального ветвления, фасциации стебля.

В дальнейшем, с созданием у люпина желтого образцов и сортов (*Владко, Алтын-4*) с насыщенно антоциановой (пурпурной) окраской вегетативных органов, в систематику этого вида введена новая подразновидность, которая диагностируется по наличию или отсутствию пурпурной окраски вегетативных органов [4].

В настоящее время Международный союз по охране новых сортов (UPOV) и государственные семеноводческие службы предъявляют к сортам высокие требования в отношении однородности, отличимости и стабильности (ООС). Таксономические же признаки являются основными критериями для проведения апробации сортовых посевов [7].

В связи с вышеуказанным создание и описание новообразований у люпина желтого имеет важное значение как теоретическое для таксономии вида, так и практическое – для селекции и семеноводства.

Материал и методики исследования. Объектом изучения являлся люпин желтый, его морфофизиологический и таксономический статус.

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями [7, 8, 11].

Результаты исследований и их обсуждение. К настоящему времени у люпина желтого установлены и описаны 22 разновидности (*varietas*), 7 подразновидностей (*subvarietas*) и 12 форм (*forma*) [8]. В период 2014-2020 гг. нами в ходе генетико-селекционных исследований выявлено у люпина желтого 12 новых таксонов (6 разновидностей, 5 подразновидностей, 1 форма). В соответствии с правилами Международного кодекса номенклатуры растений [5, 10] новым таксонам люпина желтого даны следующие названия с кратким их описанием.

1. *Var. karpovicziae* Kuptzov N. *var. nova.* – *Flores albicanti. Semina albi nigropunctata sine arcelli. Carina cum apice coloratione anthocyaneae.*

Типус: «Белоцветковый ПБЗ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Цветки белесые. Семена белые с черными точками, без дужек. Кончик лодочки антоциановый.

Subvar. karpovicziae Kuptzov N. *subvar. nova.* – *Cotyledonis et organa vegetative viridia.*

Типус: «Белоцветковый ПБЗ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Семядоли и вегетативные органы зеленые.

Subvar. eleniae Kuptzov N. *subvar. nova.* – *Cotyledonis et organa vegetative anthocyaneae (purpurea).*

Типус: «Белоцветковый ПБЗ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Семядоли и вегетативные органы антоциановые (пурпурные).

2. *Var. victoriae* Kozl. *var. nova.* – *Flores albicanti. Semina albi sparsiusculi laete griseo et fuscis maculate et punctate, sine arcelli. Carina cum apice coloratione laete anthocyaneae. Organa vegetativa viridia.*

Типус: «Белоцветковый УРЗ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Цветки белесые. Семена белые с редкими светло-серыми и бурыми пятнами, точками, без дужек. Кончик лодочки светло антоциановый. Вегетативные органы зеленые.

3. *Var. sinskayae* Kurl. et Stankev. *var. nova.* – *Flores albicanti. Semina albi. Carina cum apice sine coloratione anthocyaneae.*

Типус: «Белоцветковый С», БССР, к-2974, репродукции Пушкинских лабораторий ВИР.

Цветки белесые. Семена белые. Кончик лодочки без антоциана.

Subvar. sinskayae Kuptzov N. *subvar. nova.* – *Carina cum apice sine coloratione anthocyaneae. Cotyledonis et organa vegetative viridia.*

Типус: «Белоцветковый БЗ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Кончик лодочки без антоциана. Семядоли и вегетативные органы зеленые.

Subvar. *anthocyanus* Kuptzov N. subvar. nova. – Carina cum apice coloratione anthocyaneae. Cotyledonis et organa vegetative anthocyanea (purpurea).

Typus: «Белоцветковый БП», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Кончик лодочки антоциановый. Семядоли и вегетативные органы антоциановые (пурпурные).

4. Var. *tatsianiae* Bugrova D. var. nova. – Flores citrini. Semina nigri sine arcelli. Carina cum apice coloratione anthocyaneae. Organa vegetativa viridia.

Typus: «ЦИТ–ЧБД–ЗЛ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Цветки лимонно-желтые. Семена черные без дужек. Кончик лодочки антоциановый. Вегетативные органы зеленые.

5. Var. *andreei* Bugrova D. var. nova. – Flores citrini. Semina rubiginosum, duo atroarcellata. Carina cum apice coloratione anthocyaneae. Organa vegetativa viridia.

Typus: «ЦИТ–КСД–ЗЛ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Цветки лимонно-желтые. Семена красновато-коричневые с двумя темными дужками. Кончик лодочки антоциановый. Вегетативные органы зеленые.

6. Var. *genadii* Bugrova D. var. nova. – Flores citrini. Semina rubiginosum, duo atroarcellata. Carina cum apice coloratione anthocyaneae. Organa vegetativa viridia.

Typus: «ЛУТ–КСД–ЗЛ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Цветки желтые. Семена красновато-коричневые с двумя темными дужками. Кончик лодочки антоциановый. Вегетативные органы зеленые.

7. Var. *iankii* Kuptzov N. var. nova. – Flores citrini. Semina albi sparsiusculi laete griseo et fuscis maculate et punctate, sine arcelli. Carina cum apice coloratione anthocyaneae. Organa vegetativa viridia.

Typus: «ЦИТ–УРЗ», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Цветки лимонно-желтые. Семена белые с редкими светло-серыми и бурыми пятнами и точками, без дужек. Кончик лодочки антоциановый. Вегетативные органы зеленые.

8. Var. *melanospermus* Kurl. et Stankev var. nova. – Flores lutei. Semina brunneonigri laete arcellata. Carina cum apice coloratione anthocyaneae.

Typus: «Schwako», Венгрия, репродукции Пушкинских лабораторий ВИРа.

Цветки желтые. Семена коричнево-черные со светлыми дужками. Кончик лодочки антоциановый.

Subvar. *kozlovskii* Kuptzov N. subvar. nova. – Cotyledonis et organa vegetativa anthocyaneae (purpurea).

Typus: «ЛУТ–ЧДП», Республика Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Семядоли и вегетативные органы антоциановые (пурпурные).

f. *kozlovskii* Kuptzov N. f. nova. – Rami lateralii nullum esse vel valde abbreviatae. Flores axillarii.

Тyпуc: «К-ЛУТ-ЧДП», Республuка Беларусь, репродукции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Боковые ветви отсутствуют или сильно укорочены. Цветки пазушные.

Необходимо подчеркнуть, что в настоящее время из приведенных выше внутривидовых таксонов наибольшую ценность для практической селекции имеют обладающие белыми цветками, пурпурно окрашенными вегетативными органами и черными семенами.

По сведениям литературы [6, 9], белоцветковость бобовых культур является максимально возможным в ходе доместикации и селекции признаком. Белоцветковые посевы бобовых культур менее привлекательны для насекомых, а, соответственно, меньше ими поражаются и заражаются вирусными болезнями.

Исследования показали [6], что образцы люпина узколистного с пурпурной окраской вегетативных органов лучше аккумулируют солнечное тепло, имеют более высокую (на 2-3 °С) температуру листьев и стеблей, растут быстрее, интенсивнее осуществляют фотосинтез и обладают большей толерантностью к неблагоприятным факторам внешней среды, в том числе к болезням, чем зеленолистные растения. Признак пурпурной окраски вегетативных органов рекомендован для использования в процессе выведения сортов люпина для раннего сева и более прохладных регионов [4, 6].

В литературе имеются сведения о том [10], что полностью черносемянные линии люпина узколистного по сравнению с белосемянными аналогами созревают на 3-5 суток раньше. Отмечается, что созревающие и полностью созревшие бобы черносемянных линий быстрее высыхают после ночной росы и дождя, создавая тем самым неблагоприятные условия для развития на них патогенных микроорганизмов. Эти особенности объясняются лучшей аккумуляцией солнечного тепла черным цветом. Указывается, что черная окраска оболочки семян появляется за 20-25 суток до полного созревания растений, т.е. в фазу зеленой спелости (блестящие бобы). Данные свойства черных семян рекомендуются использовать в селекции сортов люпина для регионов, как с морским, так и прохладным климатом [10].

Учитывая изложенное выше, мы на генетической основе новых внутривидовых таксонов люпина желтого развернули генетико-селекционные работы по выведению у этого вида белоцветковых сортов. В ходе создания белоцветковых сортов в качестве признаков отличимости используются следующие 7 окрасок семян: чисто белая, белая с редкими серыми пятнами, пестрая без дужек, пестрая с дужками, чисто черная, черные с дужками, красновато-коричневые. В ходе селекции белоцветковых сортов на ООС в качестве признаков отличимости наряду с окраской семян (7 типов) используются контрастные типы редуцированного симподиального ветвления (псевдодикий, метельчатый, колосовидный), величины семян (мелкие, средние, крупные), темпа начального роста (средний, быстрый, очень быстрый), окраски вегетативных органов (зеленая, темно-зеленая, пурпурная). На базе перечисленных признаков отличимости может быть выведено большое количество белоцветковых сортов желтого люпина, каждый из которых будет иметь свои четкие отличительные особенности.

Реализация указанных генотипов в натуральные белоцветковые сорта в одной селекционной точке растянется на столетия. Все это обуславливает необходимость внутриреспубликанской и международной интеграции в области селекции люпина.

Выводы

1. У люпина желтого выявлены и в соответствии с правилами Международного кодекса номенклатуры растений описаны 12 новых внутривидовых таксонов (6 разновидностей, 5 подразновидностей, 1 форма).
2. На генетической основе новых внутривидовых таксонов развернуты генетико-селекционные работы по выведению белоцветковых сортов желтого люпина.
3. В ходе селекции белоцветковых сортов люпина желтого на ООС используются 7 типов окраски семян, 3 типа редукции симподиального ветвления, 3 типа окраски вегетативных органов, 3 типа величины семян, 3 типа темпа начального роста.

Литература

1. Атабекова, А.И. Ботаническая характеристика культурных видов люпина / А.И. Атабекова. – В кн.: Люпин. Изд-во ТСХА, 1962. – С. 115-160.
2. Витко, Г.И. Селекция люпина желтого на однородность, отличимость, стабильность / Г.И. Витко, Е.В. Равков, Г.И. Тарануха // Сб. матер. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 25-ю со дня основания Всероссийского ин-та люпина: Люпин – его возможности и перспективы. – Брянск: ЗАО «Читай-город», 2012. – С. 98-102.
3. Жуковский, П.М. К познанию рода *Lupinus Tourn* / П.М. Жуковский. – Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1929. – Т. 21, Вып. 1. – С. 241-292.
4. Купцов, Н.С. Новая подразновидность люпина желтого (*subvar purpureus Kuptzov N.*) и результаты ее использования в селекции / Н.С. Купцов, В.Ч. Шор, В.Н. Купцов // Земледелие, растениеводство, селекция: настоящие и будущее: сб. матер. Межд.науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию со дня основания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; 15-16 ноября 2012, г. Жодино. – Минск, 2012. – Т.2. – С. 110-115.
5. Курлович, Б.С. Внутривидовое разнообразие трех однолетних видов люпина (*Lupinus L.*) / Б.С. Курлович, А.К. Станкевич // Сб. научн. тр. по прикладной ботанике, генетики и селекции. – Ленинград, 1990. – Т. 135. – С. 19-34.
6. Майсурян, Н.А. Люпин / Н.А. Майсурян, Н.А. Атабекова. – М.: Колос, 1974. – 464 с.
7. Методика по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность / В.В. Фандо, Л.И. Жибурович, Л.И. Афельдер; под ред. А.М. Старовойтова. – Минск: ИВЦ Минфина РБ, 2004. – 274 с.
8. Унифицированный классификатор рода *Lupinus L.* / Ф.И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Жодино, 2012 – 57 с.
9. Gladstones, J.S. Distribution, origin, taxonomy, history and importance // In: J.S. Gladstones et al. (eds.), *Lupin as Crop Plants. Biology, Production and Utilization*. – 1998. – P. 1-39.
10. Kuptsov, N. Non-allelic gene recombination and its use in breeding of *L. angustifolius* / N. Kuptsov, B. Joernsgaard // Proc. of the 10-th Intern. Lupin Conf. Laugarvatn, Iceland, 19-24 June, 2002. E.van San- ten and G.D. Hill (eds.). Canterbury, New Zealand. – 2004. – P. 53-55.
11. Kurlovich, B.S. Lupins. Geography, Classification, Genetic Researches and Breeding // B.S. Kurlovich (eds.) St. Petersburg, Publishing house “intan”. – 2002. – 468 p.

NEW INTRASPECIES TAXONS OF YELLOW LUPINE (*LUPINUS LUTEUS* L.) AND THEIR USE IN BREEDING OF WHITE-FLOWERED VARIETIES

E.V. Karpovich, A.A. Kozlovsky, V.N. Voitova, N.S. Kuptsov

The article describes 12 new intraspecific taxons of yellow lupine (6 species, 5 subspecies, 1 form). The directions of their use in breeding of white-flowered varieties of yellow lupine are discussed.

УДК 633.367.2:631.527

**ГЕНЕТИКА СИМПОДИАЛЬНОГО ВЕТВЛЕНИЯ ЛЮПИНА
УЗКОЛИСТНОГО**

А.А. Козловский, научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,

(Поступила 26.02.2021)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье представлены результаты гибридологического анализа признака «редукция симподиального ветвления» люпина узколистного. Обобщаются сведения литературы и собственные данные по генетике указанного признака. Обсуждаются дальнейшие направления селекции интенсивных сортов люпина узколистного.

К настоящему времени в разных странах мира созданы и используются в сельскохозяйственном производстве интенсивные сорта люпина узколистного с генетически редуцированным (блокированным, ограниченным, детерминантным) в разной степени симподиальным ветвлением: в Австралии (*Толерак*), в Германии (*Борвета*, *Борлу* и др.), в Дании (*Прима*, *Ирис* и др.), в Польше (*Сонет*, *Борута* и др.), в России (*Надежда*, *Кристалл* и др.), в Беларуси (*Першацвет*, *Талант* и др.) [2, 3, 6].

Редуцированное ветвление повышает и стабилизирует урожайность культуры на высоком уровне (5-6 т/га семян) за счет оптимизации архитектоники растений, предотвращающей вегетативное израстание и улучшающей световой и водный режим ценоза, тем самым обеспечивающей высокую производительность его работы [8].

Сведения литературы по генетическому контролю признака «редуцированное симподиальное ветвление» и символике его генов весьма противоречивы. Так, например, у образца P25735 редуцированное ветвление контролируется по данным одних исследователей двумя доминантными генами Deb3 и Deb4 [5, 7], других – одним доминантным геном Deter [4], по сведениям третьих – одним рецессивным геном rb^p [1], четвертых – одним рецессивным геном sbr1 [6].

Учитывая указанное выше, мы провели комплексное генетико-селекционное изучение образцов коллекции люпина узколистного РУП «Науч-

но-практический центр НАН Беларуси по земледелию», результаты которого излагаются в данной работе.

Материал и метод исследования. Объектом изучения являлись образцы коллекции люпина узколистного, обладающие как нормальным (диким), так и в разной степени редуцированным симподиальным ветвлением, гибриды люпина узколистного F_1 и F_2 .

Морфофизиологические и генетические исследования проводили в соответствии с методическими указаниями [9, 10].

Результаты исследований и обсуждение. Исследования коллекции люпина узколистного в количестве 60 образцов показали (таблица 1), что для большинства из них (57,6 %) характерно нормальное (дикое) симподиальное ветвление. Образцы с разной степенью генетической редукции симподиального ветвления (рисунок 1) составляют в ней 42,4 %, в том числе с заблокированным пазушными цветками (бобами) ветвлением на уровне 3-4-го порядков у псевдодикого и квазидикого морфофизиологических типов растений (11,9 %), на уровне 2-3-го порядков у щитковидного типа (1,7 %), на уровне 2-го порядка у метельчатого типа (5,1 %), на уровне 1-го порядка в пазухах 3-9 верхних листьев у колосовидного типа (23,7 %).

По генеалогическим сведениям [6] подавляющее большинство образцов коллекции с разной степенью ограничения ветвления (84,6 %) содержит в своем генотипе рецессивный ген редукции симподиального ветвления *sbr1* (таблица 1). Другой рецессивный ген *sbr2*, также обуславливающий редукцию симподиального ветвления, содержится в генотипах небольшого количества образцов (15,4 %).

В результате трехлетнего (2010-2012 гг.) биоморфологического изучения коллекционного материала нами впервые установлено (таблица 2), что рецессивный ген *sbr1* не обладает полной экспрессивностью и пенетрантностью, так как не обеспечивает однородность и стабильность сортов его несущих по степени редукции симподиального ветвления. Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что у сортов, обладающих геном *sbr1*, ежегодно наряду с подавляющим большинством типичных для них растений (83-96 %) появляются не типичные (4-17 %). Так, например, в популяции щитковидного сорта Митан наряду с типичными щитковидными растениями (88,7 %) встречаются растения квазидикого и псевдодикого типов (11,3 %). У колосовидного сорта Гелена наряду с колосовидными растениями (83 %) появляются растения метельчатого, щитковидного, квазидикого и псевдодикого типов (17 %). Следует отметить, что указанное явление наблюдалось ежегодно и в семеноводческих питомниках сортов, несущих в генотипе ген *sbr1*, что существенно увеличивало объемы работ по поддержанию их сортотипичности и однородности.

Ген же редукции симподиального ветвления *sbr2*, в отличие от *sbr1*, обладает полной экспрессивностью и пенетрантностью, что обеспечивает однородность и стабильность сортов его несущих по признаку редукции симподии-

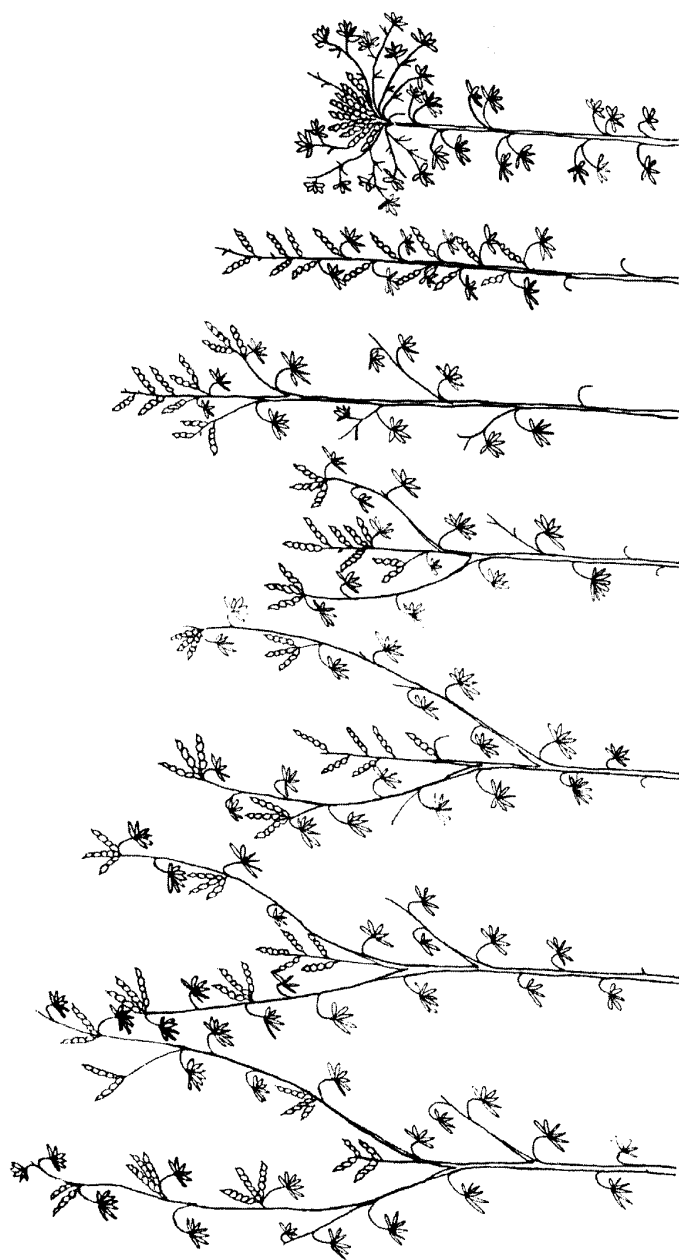


Рисунок 1 – Морфобиологические типы (модели) сортов люпина узколистного: 1 – дикий, 2 – псевдодиккий, 3 – квазидиккий, 4 – шитковидный, 5 – метельчатый, 6 – колосовидный, 7 – пальмовидный

Таблица 1 – Распределение образцов коллекции люпина узколистного по характеру ветвления

Морфофизиологический тип растения	Гены редукции симподиального ветвления	Образцы
Дикий	$sbr1^+ sbr2^+$	Испанский Дикарь-64, Опсиантус 1-П, Опсиантус 2-Б, Испанский БСУР, ББГ-14, Апендрилон, Льюлистный, Белорусский 155, Северный-3, Фрост, Данко, Миртан, Хвалько, Вада - У, Бора, Танжил, Тимир-1, Лангуст, Сажа, ПРВ, Пестр РТ, Бсур Р, Сидерат 892, Австралийский 04-122, Австралийский 08-45, Гуливер, Геркулес, Кармавы, Сидерат 38, Gatersleben, Казан, Эмир, Брянск 123, Мирелла
Псевдодикий	$sbr1 sbr2^+$	Ашадный, Снежеть, Борегина, Эдельвейс, Михал,
Квазидикий	$sbr1 sbr2^+$	Кристалл, Дабрыня
Щитковидный	$sbr1 sbr2^+$	Митан, Глатко
Метельчатый	$sbr1 sbr2^+$	Метель, Прывабный, Вика (м)
Колосовидный	$sbr1 sbr2^+$	Сонет, ГБГ-2, Рамонак, Жодзински, Гелена, Прима, Биссер, Дикаф, Липень, Фазан
Колосовидный	$sbr1^+ sbr2$	Першацвет, Е-8, Ян, Диуны



а) дикий тип (Миртан)



б) колосовидный тип
(Першацвет)

ального ветвления. Так, сорт Першацвет и образец Е-8, содержащие в генотипе ген $sbr2$, в течении 3-х лет проявили высокую степень однородности (100%) и стабильности по признаку редукции симподиального ветвления.

Указанное выше полностью подтверждается результатами гибридологического анализа (таблица 3).

Таблица 2 – Характеристика сортов люпина узколистного по однородности их морфофизиологического типа (среднее за 2010-2012 гг.)

Сорт, его морфофизиологический статус	Год	Количество растений морфофизиологического типа							Степень однородности, %
		всего, шт	морфофизиологического типа						
			дикий, шт	псевдодикий, шт	квазидикий, шт	щитковидный, шт	метельчатый, шт	колосовидный, шт	
Миртан, дикий	2010	80	80	0	0	0	0	0	100
	2011	200	200	0	0	0	0	0	100
	2012	150	150	0	0	0	0	0	100
	среднее	143,3	143,3	0	0	0	0	0	100,0
Ащадный, псевдодикий	2010	100	2	98	0	0	0	0	98
	2011	200	6	194	0	0	0	0	97
	2012	150	11	139	0	0	0	0	93
	среднее	150,0	6,3	143,7	0	0	0	0	96,0
Кристалл, квазидикий	2010	100	0	8	92	0	0	0	92
	2011	240	0	17	223	0	0	0	93
	2012	200	0	28	172	0	0	0	86
	среднее	180,0	0	17,7	162,3	0	0	0	90,3
Митан, щитковидный	2010	100	0	10	3	87	0	0	87
	2011	270	0	15	8	247	0	0	92
	2012	200	0	21	5	174	0	0	87
	среднее	190,0	0	15,3	5,3	169,3	0	0	88,7
Метель, метельчатый	2010	150	0	10	3	87	0	0	87
	2011	270	0	15	8	247	0	0	92
	2012	200	0	21	5	174	0	0	87
	среднее	206,7	0	15,3	5,3	169,3	0	0	88,7
Гелена, колосовидный	2010	150	0	2	3	3	18	124	83
	2011	320	0	4	10	7	24	275	86
	2012	280	0	7	22	6	19	226	81
	среднее	250,0	0	4,3	11,7	5,3	20,3	208,3	83,3
Першацвет, колосовидный	2010	100	0	0	0	0	0	100	100
	2011	200	0	0	0	0	0	200	100
	2012	150	0	0	0	0	0	150	100
	среднее	150,0	0	0	0	0	0	150	100
Образец Е-8, колосовидный	2010	100	0	0	0	0	0	100	100
	2011	200	0	0	0	0	0	200	100
	2012	150	0	0	0	0	0	150	100
	среднее	150,0	0	0	0	0	0	150	100

Таблица 3 – Расщепление гибридов F₂ люпина узколистного по типу ветвления (среднее за 2011-2012 гг.)

Комбинация скрещивания, родители, поколение гибридов	Количество растений, шт.							Соотношение	X2
	Всего изучено	с нормальным (диким) ветвлением	с редуцированным ветвлением						
			псеводи- ким	щитко- видным	метельча- тым	колосо- видным	все- го		
Миртан х Талант									
P1	80	80	0	0	0	0	0		
P2	87	0	0	0	0	87	87		
F1	18	0	0	0	0	0	0		
F2	257	198	3	0	0	56	59	3:1	0,72
Миртан х Гелена									
P1	76	76	0	0	0	0	0		
P2	85	0	4	0	2	79	85		
F1	17	9	2	1	2	3	8		
F2	256	201	6	2	7	40	55	3:1	1,33
Миртан х Прывабны									
P1	77	77	0	0	0	0	0		
P2	85	0	3	2	80	0	85		
F1	17	11	2	1	3	0	6		
F2	274	213	2	3	55	1	61	3:1	1,24
Миртан х Першацвет									
P1	90	90	0	0	0	0	0		
P2	94	0	0	0	0	94	94		
F1	36	36	0	0	0	0	0		
F2	399	302	2	0	0	95	97	3:1	0,11
Талант х Агни									
P1	89	0	0	0	0	89	89		
P2	85	85	0	0	0	0	0		
F1	16	16	0	0	0	0	0		
F2	179	137	0	0	0	42	42	3:1	0,27
Першацвет х Агни									
P1	91	0	0	0	0	91	91		
P2	88	88	0	0	0	0	0		
F1	19	19	0	0	0	0	0		
F2	184	140	0	0	0	44	44	3:1	0,12
Талант х Прывабны									
P1	93	0	0	0	0	93	93		
P2	88	0	2	4	82	0	88		
F1	18	14	1	0	3	0	4		
F2	351	184	3	2	77	85	167	9:7	2,23

Комбинация скрещивания, родители, поколение гибридов	Количество растений, шт.							Соотношение	X2
	Всего изучено	с нормальным (диким) ветвлением	с редуцированным ветвлением						
			псевдо-диким	щитковидным	метельчатым	колосовидным	всего		
Талант х Гелена									
P1	90	0	0	0	0	90	90		
P2	85	0	3	0	3	79	85		
F1	18	15	1	0	2	0	3		
F2	346	181	5	2	7	151	165	9:7	2,64
Талант х Першацвет									
P1	89	0	0	0	0	89	89		
P2	92	0	0	0	0	92	92		
F1	17	0	0	0	0	17	17		
F2	268	0	0	0	0	268	268	нет расщепления	
Талант х E-8									
P1	88	0	0	0	0	88	88		
P2	91	0	0	0	0	91	91		
F1	19	0	0	0	0	19	19		
F2	280	0	0	0	0	280	280	нет расщепления	
Першацвет х Гелена									
P1	90	0	0	0	0	90	90		
P2	87	0	2	0	3	82	87		
F1	20	17	2	0	1	0	3		
F2	262	144	3	1	9	105	118	9:7	0,14

Результаты наших исследований (таблица 3) показывают, что у всех изученных сортов (*Талант*, *Гелена*, *Прывабны*, *Першацвет*) и образца *Е-8* признак «редуцированное симподиальное ветвление» является моногенным рецессивным (рисунки 2, 3), о чем свидетельствует высокая степень соответствия фактически полученным данным по расщеплению гибридов F₂ (*Миртан* х *Талант*, *Миртан* х *Гелена*, *Миртан* х *Прывабны*, *Миртан* х *Першацвет*, *Талант* х *Агни*, *Першацвет* х *Агни*) теоретически ожидаемым (значения χ^2 колеблется от 0,11 до 1,24).

Следует указать, что по генеалогическим сведениям [6] сорта *Гелена* и *Прывабны* содержат в своих генотипах рецессивный ген редукции симподиального ветвления *sbr1*, а сорта *Першацвет*, *Талант* и образец *Е-8* – таковой *sbr2*.

Кроме того, данные таблицы 3 указывают на неаллельность рецессивного гена *sbr1* сортов *Гелена* и *Прывабны* таковому *sbr2* сортов *Талант*, *Першацвет*. Так, в комбинациях скрещивания между собой сортов с редуцированным ветвлением (*Талант* х *Прывабны*, *Талант* х *Гелена*, *Першацвет* х *Гелена*) растения F₁ имеют нормальное (дикое) симподиальное ветвление, а во втором поколении

Миртан $sbr1^+sbr1^+sbr2^+sbr2^+$		X	Першацвет $sbr1^+sbr1^+sbr2sbr2$
F₁		$sbr1^+sbr2^+$ ===== (нормальное симподиальное ветвление)	
F₂		$sbr1^+sbr2$	
♀ \ ♂		$sbr1^+sbr2^+$	$sbr1^+sbr2$
$sbr1^+sbr2^+$		$sbr1^+sbr2^+$ =====	$sbr1^+sbr2$ =====
$sbr1^+sbr2$		$sbr1^+sbr2^+$ =====	$sbr1^+sbr2$ =====

Рисунок 2 – Наследование типа симподиального ветвления у люпина узколистного комбинации скрещивания Миртан х Першацвет: 3 нормальных ветвящихся (типа Миртан) : 1 колосовидный (типа Першацвет)

Миртан $sbr1^+sbr1^+sbr2^+sbr2^+$		X	Гелена $sbr1sbr1sbr2^+sbr2^+$
F₁		$sbr1^+sbr2^+$ ===== (нормальное симподиальное ветвление)	
F₂		$sbr1sbr2^+$	
♀ \ ♂		$sbr1^+sbr2^+$	$sbr1sbr2^+$
$sbr1^+sbr2^+$		$sbr1^+sbr2^+$ =====	$sbr1sbr2^+$ =====
$sbr1sbr2^+$		$sbr1^+sbr2^+$ =====	$sbr1sbr2^+$ =====

Рисунок 3 – Наследование редукции симподиального ветвления у люпина узколистного комбинации скрещивания Миртан х Гелена: 3 нормальных ветвящихся (типа Миртан) : 1 колосовидный (типа Гелена)

(F₂) наблюдается расщепление в соотношении: 9 растений с нормальным ветвлением : 7 растений с редуцированным ветвлением.

Такой характер поведения указанных гибридов свидетельствует о комплементарном действии диких генов $sbr1^+$ и $sbr2^+$ (рисунок 4, *Першацвет* х *Гелена*).

Следует отметить, что у диких форм люпина узколистного нормальные (дикие) гены $sbr1^+$ и $sbr2^+$ поддерживались естественным отбором в месте в одном генотипе ($sbr1^+sbr1^+sbr2^+sbr2^+$), контролируя нормальное симподиальное ветвление. В процессе селекции интенсивных сортов дикий генотип ($sbr1^+sbr1^+sbr2^+sbr2^+$) с помощью мутаций и искусственного отбора был разложен на генотипы, обуславливающие редуцированное симподиальное ветвление колосовидного типа: $sbr1sbr1sbr2^+sbr2^+$ (сорт Гелена) и $sbr1^+sbr1^+sbr2sbr2$ (сорт *Першацвет*). При скрещивании между собой этих сортов в F_1 происходит воссоединение комплементарных генов в одном генотипе, в результате чего наблюдается реверсия (возврат) к признаку диких форм (нормальное симподиальное ветвление). В F_2 по этому признаку наблюдается расщепление, соответствующее комплементарному действию генов (рисунок 4).

Першацвет $sbr1^+sbr1^+sbr2sbr2$		X	Гелена $sbr1sbr1sbr2^+sbr2^+$	
F_1		$sbr1^+sbr2$		
		$sbr1sbr2^+$		
F_2		$sbr1^+sbr2^+sbr1sbr2^+$	$sbr1sbr2^+sbr1^+sbr2$	
♀ \ ♂	$sbr1^+sbr2^+$	$sbr1sbr2^+$	$sbr1^+sbr2$	$sbr1sbr2$
$sbr1^+sbr2^+$	$sbr1^+sbr2^+$ $sbr1^+sbr2^+$	$sbr1sbr2^+$ $sbr1^+sbr2^+$	$sbr1^+sbr2$ $sbr1^+sbr2^+$	$sbr1sbr2$ $sbr1^+sbr2^+$
$sbr1sbr2^+$	$sbr1^+sbr2^+$ $sbr1sbr2^+$	$sbr1sbr2^+$ $sbr1sbr2^+$	$sbr1^+sbr2$ $sbr1sbr2^+$	$sbr1sbr2$ $sbr1sbr2^+$
$sbr1^+sbr2$	$sbr1^+sbr2^+$ $sbr1^+sbr2$	$sbr1sbr2^+$ $sbr1^+sbr2$	$sbr1^+sbr2$ $sbr1^+sbr2$	$sbr1sbr2$ $sbr1^+sbr2$
$sbr1sbr2$	$sbr1^+sbr2^+$ $sbr1sbr2$	$sbr1sbr2^+$ $sbr1sbr2$	$sbr1sbr2$ $sbr1sbr2$	$sbr1sbr2$ $sbr1sbr2$

Рисунок 4 – Наследование типа симподиального ветвления у люпина узколистного при комплементарном взаимодействии генов в комбинации скрещивания Першацвет х Гелена: 9 нормальных ветвящихся : 7 колосовидных

В комбинациях скрещиваний между собой образцов с редуцированным ветвлением колосовидного типа (*Талант* х *Першацвет*, *Талант* х *Е-8*) все растения F_1 и F_2 имели редуцированное ветвление колосовидного типа, т.е. расщепления по признаку «редуцированное симподиальное ветвление» не наблю-

далось. Это говорит о том, что в генотипах сортов *Талант*, *Перищцвет* и образца *E-8* содержится один и тот же рецессивный ген *sbr2*. Эти результаты гибридологического анализа позволили установить полные формулы генотипов по признаку «редуцированное симподиальное ветвление» у следующих сортов: *Гелена* и *Прывабны* ($sbr1sbr1sbr2^+sbr2^+$), *Перищцвет*, *Талант*, образец *E-8* ($sbr1^+sbr1^+sbr2sbr2$), *Миртан*, образец *Агни* ($sbr1^+sbr1^+sbr2^+sbr2^+$).

Данные таблицы 3 свидетельствуют также и об особенностях экспрессивности и пенетрантности гена *sbr1*. Так, у части растений F_1 комбинаций скрещиваний *Миртан* х *Гелена* (47 %) и *Миртан* х *Прывабны* (35 %) наблюдалась редукция симподиального ветвления, чего не отмечалось в F_1 комбинаций скрещиваний *Миртан* х *Перищцвет*, *Миртан* х *Талант*.

Кроме того, в комбинациях скрещиваний сорта *Миртан* с сортом *Гелена* и *Прывабны*, содержащих в своих генотипах ген *sbr1*, отмечаются более высокие значения X^2 (1,24 – 1,33), чем в комбинациях с участием сортов *Талант* и *Перищцвет* (0,11-0,72). Указанное, по-видимому, связано с особенностями экспрессивности и пенетрантности гена *sbr1*.

Результаты исследований позволили нам распределить коллекционный материал люпина узколистного РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» по признаку «симподиальное ветвление» в две изопризнаковые группы: с нормальным (диким) симподиальным ветвлением (дикие формы, старые образцы и сорта, часть современных сортов) и с редуцированным в разной степени симподиальным ветвлением (современные образцы и сорта псевдодикого, квазидикого, метельчатого и колосовидного морфобиологических типов).

Таким образом, проведенный гибридологический анализ показал, что нормальное (дикое) симподиальное ветвление как у диких форм, так и у селекционных образцов и сортов люпина узколистного, обусловлено действием нормальных диких генов $sbr1^+sbr2^+$. Признак редуцированное симподиальное ветвление у этого вида люпина контролируется двумя неаллельными рецессивными генами *sbr1* и *sbr2*. Каждый из изученных сортов содержит только один из указанных генов.

При этом рецессивный ген *sbr1* под действием генотипической среды проявляет различную степень экспрессивности и пенетрантности.

Следует отметить, что из-за особенностей экспрессивности и пенетрантности гена *sbr1* первичное семеноводство сортов *Гелена* и *Прывабны* перманентно испытывало трудности в процессе поддержания их однородности и сортотипичности.

В связи с этим мы не рекомендуем использовать ген *sbr1* в дальнейшей практической селекции. В процессе создания нового поколения интенсивных сортов люпина узколистного необходимо использовать ген *sbr2*, обеспечивающий однородность и стабильность проявления признака «редуцированное симподиальное ветвление». В качестве донора гена *sbr2* мы рекомендуем использовать высокоурожайный колосовидный сорт *Перищцвет*, так как он содержит в своем генотипе наряду с указанным геном еще 2 рецессивных гена быстрого темпа начального роста ($gra2^+gra3$).

Выводы

1. На основании результатов исследования из коллекционного материала люпина узколистного РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» сформированы по признаку «симподиальное ветвление» две изо-признаковые группы: с нормальным (диким) типом ветвления и с редуцированным в разной степени симподиальным ветвлением.

2. Установлено, что нормальное (дикое) симподиальное ветвление у диких форм, селекционных образцов и сортов обусловлено действием блока из двух нормальных (диких) генов $sbr1^+sbr2^+$, а редуцированное симподиальное ветвление у образцов и сортов контролируется одним из мутантных рецессивных генов $sbr1$ или $sbr2$.

3. Рецессивный ген $sbr2$ в отличие от гена $sbr1$ обладает полной пенетрантностью и экспрессивностью, обеспечивая однородность и стабильность проявлений признака «редуцированное симподиальное ветвление». В связи с этим он рекомендован к использованию в дальнейшей селекции интенсивных сортов.

4. При скрещивании между собой образцов, содержащих рецессивные гены $sbr1$ и $sbr2$, проявляются их комплементарные взаимодействия, выражающиеся в реверсии далекого признака (нормального ветвления).

5. На основании гибридологического анализа установлены полные формулы генотипов по признаку «симподиальное ветвление» у следующих сортов: *Гелена*, *Прывабны*, *Першацвет*, *Талант*, *Миртан* и образцов *Е-8*, *Агни*.

Литература

1. Gawłowska, M. Inheritance of restricted branching in the narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.) / M. Gawłowska, W.K. Swiecicki, W. Swiecicki // Proc. Intern. Conf. Przysiek, Poland. – 1999. – P. 159-162.

2. Joemsgaard, B. Adaptation of Lupins for Northern European Maritime Conditions / B. Joemsgaard, J.L. Christiansen, N. Kuptsov // Proc. Of the 10th Intern. Lupin Conf. Laugarvatn, Iceland, 19–14 June, 2002. E. van Santen and G.D. Hill (eds). Canterbury, New Zealand. – 2004. – P. 105-110.

3. Prins, U. Optimizing lupin production for human consumption in the Netherlands, in: Developing lupin crop into a major and sustainable food and feed source / U. Prins, E. Nuiten // Proceedings of the 14 international Lupin Conference. Milan, Italy 21-26 June 2015. Editors Jessica Capraro, Marcello Duranbi, Chiara Magni, Alessio Scarafoni. – P 66-69.

4. Swiecicki, W. Domestication and breeding improvement of narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.) / W. Swiecicki, W.K. Swiecicki // J. Appl. Genet. 36 (2), 1995. – P. 155-157.

5. Дебелый, Г.А. Наследование признака ограниченного ветвления в гибридных популяциях люпина узколистного / Г.А. Дебелый, В.И. Дербенский // Доклады ВАСХНИЛ. – 1988. – №1. – С.

6. Купцов, Н. С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н.С. Купцов, И.П. Такунов. – Брянск, Клиницы : КРТ, 2006. – 576 с.

7. Курлович, Б.С. Наследование признака детерминированности ветвления у люпина узколистного Б.С. Курлович // Бюл. ВИР. 1991 – Вып.213. – С. 3-7.

8. Миронова, Т.П. Фитоценотическая ситуация посевов люпина и методы борьбы с сорной растительностью / Т.П. Миронова // Актуальные проблемы борьбы с сорной растительностью в современном земледелии и пути их решения: матер. Межд. научн.-практ. конф., БелНИИЗК. – Жодино, 1999. – Т. 2. – С. 71-78.

9. Система генетического изучения исходного материала для селекции растений. (Методические указания), составитель к. с.-х. наук А.Ф. Мережко; под ред. академика ВАСХНИИЛ В.Ф. Дорофеева / Всесоюзный НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова (ВИР). – Ленинград, 1984. – 70 с.

10. Унифицированный классификатор рода *Lupinus L.* / Ф.И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Жодино, 2012 – 57с.

GENETICS OF SYMPODIAL BRANCHING OF BLUE LUPINE

A.A. Kozlovsky

The paper states the results of hybridological analysis of the trait “reduction of sympodial branching” of blue lupine. The references and own data on genetics of the indicated trait are summarized. Further directions of breeding of blue lupine intensive varieties are discussed.

УДК 633.367.2:581.4

ГОЛОВКОВИДНЫЙ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ТИП РАСТЕНИЯ – ОЧЕРЕДНОЙ ЭТАП ДОМЕСТИКАЦИИ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

А.А. Козловский, В.Н. Войтова, А.Н. Бугрова*, Н.С. Купцов*, канд. биол. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,

*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

(Поступила 26.02.2021)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье освещены основные достижения в области селекции интенсивных сортов люпина узколистного. Излагается обоснование принципиально нового направления в селекции люпина узколистного, связанного с созданием головковидного типа растений, обладающих фасцированным стеблем и блокированным ветвлением. Указывается, что имеющийся генофонд позволяет создать в ближайшем будущем головковидные сорта с потенциальной урожайностью общей сухой биомассы 14-16 т/га, семян 7-9 т/га.

Современное интенсивное сельскохозяйственное производство в целях получения максимального количества качественной продукции с единицы площади при высоких вложениях антропогенной энергии в форме удобрений, пестицидов и средств механизации идет по пути выращивания монокультур в более плотных ценозах по сравнению со стародавним [4, 7, 20, 21, 25, 33].

Необходимо особо отметить, что и в дикой флоре самыми продуктивными являются плотные моноценозы, состоящие из ксероморфных растений [26]. Это обстоятельство говорит о тождестве результатов максимализации получения продукции с единицы площади в дикой флоре и сельскохозяйственном производстве – уплотнение гомогенных ценозов.

К настоящему времени для удовлетворения нужд сельскохозяйственного производства в ходе целенаправленной селекции у подавляющего большинства культур, в том числе и плодовых, созданы интенсивные гомогенные коротко-

стебельные сорта с компактным габитусом и ксероморфной морфофизиологической структурой, которые с успехом возделываются в современных плотных посевах, посадках [7, 25].

Следует отметить, что урожайность семян, плодов современных интенсивных сортов разных сельскохозяйственных культур по сравнению со стародавними возросла в два-три раза и более [7, 9, 10, 25]. При этом урожайность общей биомассы растений интенсивных сортов разных культур по сравнению с экстенсивными сортами практически не изменилась. Стародавние сорта культур синтезировали почти столько же вещества, что и современные интенсивные сорта [2, 5, 9, 16, 21, 27]. В ходе селекции интенсивных сортов не изменилась существенно активность фотосинтетического аппарата на уровне хлоропласта, но увеличился до оптимальных параметров ассимиляционный аппарат (листовое покрытие почвы ценоза составляет 5-8 м²/м²), повысилась удельная поверхностная плотность листа до 7-8 мг/см² и более, соответственно, возросла интенсивность фотосинтеза единицы его поверхности до 25 мгСО₂ дм⁻².ч⁻¹ [5].

В фотосинтетическом потенциале растений интенсивных сортов возросла доля верхних листьев, соответственно увеличилась степень ксероморфности таких ценозов [4, 27].

У интенсивных сортов в сравнении с экстенсивными в репродуктивный период формируется более мощная корневая система, что является одним из свойств ксероморфизма [8]. У интенсивных сортов люпина узколистного, люпина белого, люпина желтого, гороха и кормовых бобов в ходе селекции произошла редукция симподиального ветвления, в результате чего листья ценоза в процессе формирования и функционирования лучше освещаются, что уклоняет агроценоз в ксероморфную сторону [3, 9, 14, 15]. Интенсивные сорта активно преодолевают неблагоприятные условия среды посредством поддержания водного режима и ростовых процессов на более стабильном уровне, чем стародавние сорта [20]. У интенсивных сортов существенно увеличилась доля генеративной сферы, а уменьшилась таковая вегетативной, в результате чего коэффициент хозяйственной эффективности (К-хоз) повысился до 55-65 % [4, 9, 27]. В плотных моноценозах не фотосинтез создает урожай биомассы и ее хозяйственной части, а интенсивные растения с помощью фотосинтеза [21]. При этом они активно потребляют ассимиляты, т.е. обладают высокой аттрагирующей способностью генеративной сферы [11].

Необходимо особо отметить, что, несмотря на различные методы, которые использовали селекционеры при создании интенсивных сортов у разных культур (межлинейная и межсортная гибридизация, мутагенез, полиплоидия), результат был один и тот же, а, именно, создавались компактные растения с ксероморфной морфофизиологической структурой, приспособленные к плотному моноценозу и обеспечивающие более оптимальный оптический, водный и углекислотный режим посева [21]. Прогрессивная ксероморфная структура позволяет растениям интенсивных сортов активно использовать условия плотного ценоза на богатом агрофоне и обеспечивать высокую урожайность хозяйственной части биомассы [27].

Как видно из вышеизложенного, гомогенность сорта наряду с плотностью агроценоза является отличительной чертой современного интенсивного сельскохозяйственного производства. Гомогенность сорта исключает острую конкурентность между особями в ценозе, а его уплотнение обеспечивает больший выход качественной продукции с единицы площади [4].

По сведениям литературы [2, 6, 16], селекция толерантных к плотному моноценозу интенсивных сортов разных культур на урожайность семян путем увеличения коэффициента хозяйственной эффективности (К-хоз) и повышения аттрагирующей способности генеративной сферы почти исчерпала свои возможности, а урожайность достигла своего биологического порога. По мнению ряда исследователей [6, 16, 24], достичь дальнейшего роста урожайности сортов возможно лишь за счет увеличения общей биомассы с единицы площади путем создания более высокорослых растений, толерантных к достигнутому уровню плотности моноценоза и сохраняющих высокие показатели коэффициента хозяйственной эффективности.

Материалы и методы. Объектом изучения являлся люпин узколистный, закономерности изменения его морфофизиологического статуса в ходе эволюции диких форм, одичавших древних культурных образцов, стародавних и интенсивных сортов.

Морфофизиологические исследования проводились в соответствии с методическими указаниями [20, 24]

Результаты и обсуждение. У люпина узколистного в 80-е годы прошлого столетия были созданы интенсивные сорта разных морфофизиологических типов (дикого, псевдодикого, квазидикого, щитковидного, метельчатого, колосовидного), приспособленных к плотному моноценозу. Растения интенсивных сортов люпина узколистного обладают компактным габитусом, редуцированным в разной степени симподиальным ветвлением и ксероморфной мезоструктурой листа. Коэффициент хозяйственной эффективности у них колеблется в пределах 40-55 % [9, 10]. По многолетним данным Государственного сортоиспытания [9] и экологического изучения [1], а также испытания в производственных условиях, урожайность семян интенсивных сортов люпина узколистного разных морфофизиологических типов достигала 5,5-6,5 т/га. При этом семена сортов люпина узколистного содержали 30-35 % белка, 3-5 % жира. Данный уровень урожайности семян люпина узколистного с учетом их качества приравнивается по энергосодержанию к 9-12 т/га зерна злаковых культур [15].

Указанное свидетельствует о том, что урожайность семян интенсивных сортов люпина узколистного, так же, как и других сельскохозяйственных культур, достигла своего биологического порога. По нашему мнению, преодолеть порог урожайности современных интенсивных сортов люпина узколистного можно только благодаря целенаправленному созданию принципиально нового морфофизиологического типа растения, которое способно в плотном агроценозе, сохраняя оптимальную высоту интенсивных сортов (71-85 см) обеспечивать более высокий уровень урожайности общей биомассы и семян.

Указанное обусловлено тем, что у люпина узколистного существенно увеличить урожайность его биомассы и семян за счет поднятия высоты растений интенсивных сортов при сохранении достигнутого уровня плотности ценоза ($120-160 \text{ раст./м}^2$) и коэффициента хозяйственной эффективности (50-55 %) не представляется возможным, так как все высокопродуктивные сорта этой культуры созданы на аллельной основе самого высокорослого Д-типа растения. Высота Д-типа растений (71-85 см) контролируется блоком диких генов $\text{phe1}^+ \text{-phe3}^+$. Эти гены в сочетании с доминантными генами нечувствительности к яровизации Rvt1-Rvt3 и фотонейтральности Rpp1-Rpp3 , рецессивными генами темпа начального роста gra1-gra3 , а также редукции симподиального ветвления sbr1, sbr2 , стабильно обеспечивают оптимальную высоту плотного посева, тем самым способствуя формированию высокой урожайности общей сухой биомассы ($10-11 \text{ т/га}$) и семян ($5,5-6,5 \text{ т/га}$).

Увеличение высоты растений люпина узколистного за счет использования диких генов симподиального ветвления ($\text{sbr1}^+, \text{sbr2}^+$), как показал наш многолетний опыт, приводит к усилению полегаемости и уменьшению коэффициента хозяйственной эффективности созданных образцов, что снижает их урожайность. Использование же диких генов склонности к яровизации $\text{Rvt1}^+ \text{-Rvt3}^+$ для поднятия высоты интенсивных сортов значительно (на 6-25 суток) удлиняет их вегетационный период, что неприемлемо в почвенно-климатических условиях Беларуси.

Таким образом, для люпина узколистного использование увеличения высоты растений в качестве основного пути дальнейшего повышения урожайности общей биомассы и семян интенсивных сортов полностью исключается.

Учитывая изложенное выше, мы в процессе разработки идеатипа высокопродуктивного сорта люпина узколистного ближайшего будущего использовали в качестве базового модельного объекта головковидный образец *Футурум 7* (рисунок 1), который при Д-типе высоты благодаря фасциации стебля, редукции симподиального ветвления и укороченных междоузлий обладает компактным габитусом и почти удвоенными биомассой стебля и количеством листьев на нем.

Необходимо особо отметить, что у растений образца *Футурум 7* увеличение общей биомассы происходит не за счет поднятия высоты стебля, а из-за существенного его утолщения. Высота же стебля благодаря превращению цветоноса кисти в головку и укорочению междоузлий незначительно уменьшается и составляет 71-80 см.

Опираясь на параметры ключевых признаков и свойств головковидного образца *Футурум 7*, и учитывая современные достижения биологии продукционного процесса агроценозов [6, 12, 22, 28], а также собственный многолетний опыт по селекции интенсивных сортов, мы разработали морфофизиологическую модель (идеатип) и генотип (идиотип) головковидного сорта люпина узколистного с потенциальной урожайностью общей сухой биомассы $14-16 \text{ т/га}$,

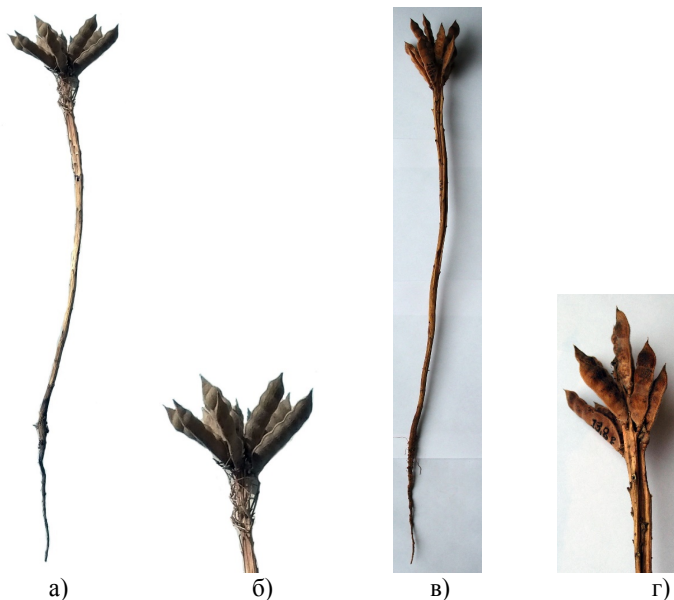


Рисунок 1 – Общий вид головковидных созревших растений люпина узколистного а и в, и их головок б и г

семян 7-9 т/га, коэффициентом хозяйственной эффективности 50-60 %. Ниже приводится их описание.

Морфофизиологическая модель головковидного сорта люпина узколистного. Генеративная сфера растения данного морфофизиологического типа представляет собой простое рацемозное брактеозное соцветие – головку, что и легло в основу его названия. Цветки имеют цветоножки приблизительно равной длины и концентрированно расположены на сильно укороченной, незначительно утолщенной главной оси соцветия. Утолщение оси соцветия обусловлено действием рецессивного гена фасциации (*sfo1*), а ее укорочение контролируется рецессивным геном коротких междоузлий (*lib1*). Окраска цветков розовая, бело-розовая.

Корневая система головковидного растения – стержневая, хорошо разветвленная, затрачивает на свой рост небольшое количество ассимилянтов, обеспечивая бездефицитный водный баланс. Кроме того, она усиленно осуществляет азотфиксацию в симбиозе с бактериями ризобиум, используя ассимилянты из надземных органов, а потом направляет азотистые соединения (в основном в форме аминокислот) в стебель, обеспечивая до бутонизации интенсивное формирование листовой поверхности. Вплоть до начала цветения головковидные растения направляют основную часть продукции фотосинтеза на рост корней, листьев и азотфиксацию. Агроценоз головковидного люпина узколистного биологически фиксирует азот воздуха до 400-500 кг/га. Кроме того, его корневая

система переводит труднодоступные для других культур фосфорные соединения в легко усвояемые и использует их (до 40-50 кг/га).

В фазу цветения распределение ассимилянтов изменяется в пользу репродуктивных органов. После окончания цветения клубеньки стареют, а все образующиеся ассимилянты транспортируются в развивающиеся семена. Все остальные части растения получают ассимилянтов столько, сколько расходуют на собственный энергетический обмен.

После цветения и вплоть до созревания хорошо развитая корневая система обеспечивает бездефицитное снабжение водой и питательными веществами фотосинтетический аппарат и генеративную сферу.

Габитус растений головковидного типа компактный, обеспечивающий минимальное их взаимодействие в плотном ценозе. Высота растений 71-80 см. ***Надземная часть растений представляет собой центральный (главный) побег без ветвей, состоящий только из листьев и стебля, заканчивающегося головкой.*** Листья относятся к ксероморфному-О типу, который контролируется рецессивным геном *lst4*, и характеризуется высокой удельной поверхностной плотностью (60 г/м²), а также наибольшей среди других типов листа интенсивностью видимого фотосинтеза [15]. Ветви у побега полностью отсутствуют, что обусловлено действием рецессивного гена редукции ветвления *sbr2*. Стебель утолщен (почти удвоен в объеме в сравнении с таковым колосовидного типа) за счет фасциации (рецессивный ген *sfo1*), а междоузлия укорочены (рецессивный ген *lib1*).

Растения головковидного типа характеризуются очень быстрым темпом начального роста (7-10 мм/сут), который контролируется рецессивными генами *gral gra2 gra3*.

Начальный рост растений определяется как период становления проростка, а, именно, от прорастания семени до полного развертывания всех его 4-х зародышевых листьев. В этот период проростки характеризуются тем, что все их органы (корни, зачаточный стебель, листья) являются зародышевыми, образовавшимися за счет материнского растения и семени. Проростки наряду с автотрофным питанием используют еще запасы питательных веществ семени, накопленные на материнском растении. Поэтому на темпах начального роста условия внешней среды сказываются мало, что дает возможность в ходе исследований получать по данному признаку корректную информацию.

Следует отметить, что время роста и развертывания 4-х зародышевых листьев (I и II-ой этапы органогенеза по Куперман [13]) предшествует наиболее ответственному периоду в жизненном цикле растения – дифференциации конуса нарастания и формирования основы вегетативной сферы. Поэтому, чем быстрее эти 4 листа достигнут своих конечных размеров и чем раньше они начнут поставлять свои ассимилянты другим органам, тем лучше будут условия для дальнейшего роста и развития растения.

Установлено, что эволюция покрытосеменных растений проявляется в первую очередь и наиболее четко в ускорении прохождения I и II этапов орга-

ногенеза (стадии ВВСН 9-15), а затем в сокращении последующих фаз развития и в конечном итоге всего жизненного цикла [13].

Соответственно быстрый темп начального роста головковидного люпина узколистного обуславливает ускоренное прохождение I и II-го этапов органогенеза, что совпадает с основным направлением эволюции покрытосеменных.

Головковидный люпин узколистный обладает также очень высокой скоростью роста и разворачивания листьев (0,5-0,7 шт./сут). Это наиболее желательный морфофизиологический тип растения, отличающийся высокой потенциальной продуктивностью в плотных ценозах.

Вероятно, из-за отсутствия ветвления ассимиляты быстро и рационально используются на формирование листьев и развитие стебля. К бутонизации растение образует почти удвоенное (28-32 шт.) количество листьев по сравнению с колосовидным типом (17-18 шт.). Вследствие хорошо выраженного гелиотропизма листья меняют свое положение по мере изменения положения солнца, что благоприятствует фотосинтезу. Количество листьев у головковидного типа обусловлено действием двух генов (дикого $Nls1^+$ и рецессивного $Sfo1$) Средняя площадь листа 15-17 см². Соответственно, к бутонизации растение формирует листовую поверхность площадью в 480-520 см², которая генетически жестко детерминирована и мало подвержена влиянию внешней среды. По сведениям литературы [23] быстрое листообразование является одним из диагностических признаков типа растений, отличающихся сочетанием высокой потенциальной продуктивности и раннеспелости. Более эффективные и урожайные те фитоценозы, у которых короче интервал времени от появления всходов до момента достижения ими оптимальной площади листьев. Для климатических условий территории Беларуси оптимальная площадь листьев ценоза (листовой индекс – ЛИ) колеблется в зависимости от культуры в пределах 5-8 м² листовой поверхности на 1 м² поля [16, 28].

Ценоз из головковидных растений достигает оптимальной листовой поверхности уже к началу цветения при густоте 120-140 растений на 1 м², а такой, состоящей из колосовидных растений – к концу цветения и при густоте 160-180 растений на 1 м².

Необходимо отметить, что у головковидного типа растений период достижения оптимальной площади листьев на 4-6 суток короче, чем у колосовидного сорта *Першацвет*, что указывает на более высокий уровень его потенциальной продуктивности.

К началу цветения головковидное растение полностью формирует структуру и толщину стебля для обеспечения его прочности, а также оптимальную архитектуру и геометрическую структуру листовой, что обеспечивает выравнивание светового режима по ярусам ценоза. Из-за отсутствия ветвей с листьями все листья стебля доступны для проникновения к ним энергии света и для омывания их конвекционными и турбулентными потоками воздуха и CO₂. Кроме того, листья растений, сформированные в благоприятных световых условиях, обладают ксероморфной мезоструктурой, а также большей продолжительностью жизни, устойчивостью к смене светового и водного режима [22, 33].

Ксероморфная мезоструктура листьев обеспечивает поддержание высокого КПД фотосинтеза в течение активной вегетации и позволяет не только хорошо поглощать энергию солнечной радиации, но и усваивать ее с наиболее высокой эффективностью.

Следует особо подчеркнуть, что у головковидного растения вегетативная и генеративная фазы максимально разделены как в пространстве, так и во времени. После окончания бутонизации у них не происходит образование новых листьев, а после цветения клубеньки стареют и все образующиеся ассимиляты транспортируются в семена. В случае избытка ассимилятов они временно депонируются в стебле с последующей реутилизацией на налив семян. Фасцированный стебель головковидного растения относительно короткий, но достаточно толстый и плотный. Стебель в состоянии временно депонировать избыток ассимилятов в период вегетативной фазы развития с последующей их реутилизацией в период налива семян, особенно, когда фотосинтез по тем или иным причинам угнетается.

Стебель созревших растений этого типа обладает относительно высокими показателями линейной плотности, которые колеблются в пределах 60-80 мг/см. Линейная плотность стебля, как известно [12], является интегральным показателем, отражающим высоту растений, степень развития механической и проводящей ткани, а также количество в нем запасных веществ. С ростом этого показателя у растений отмечается повышение продуктивности и устойчивости к полеганию.

Следует особо отметить, что ассоциация рецессивных генов фасциации (*Sfo1*) редукции ветвления (*Sbr2*), укорочения междоузлий (*Lib1*) и дикого гена листовой серии (*Nls1*⁺) дает возможность создавать сорта люпина узколистного различной высоты с увеличенной массой стебля, сохраняя тем самым относительные соотношения массы вегетативных органов и бобов, обеспечивая тем самым устойчивость к полеганию. Кроме того, генетически детерминированное конечное количество листьев головковидного растения (28-32 шт.) дает возможность селекционеру целенаправленно подбирать плотность агроценоза для формирования его оптимальной листовой поверхности, которая не будет существенно изменяться под воздействием метеорологических условий.

Необходимо указать, что оптимальная архитектура головковидных растений уменьшает в ценозе долю дальнего красного света, что приводит к уменьшению содержания хлорофилла *b* и увеличению такового хлорофилла *a* и каротиноидов. Содержание же сумм хлорофиллов (*a*+*b*) составляет 10-11 мг/г с. в., каротиноидов 1,3-1,6 мг/г с. в., отношение хлорофиллов *a/b* 2,5-3,0, хлорофиллов/каротиноидов 6-7. Такие соотношения пигментов характерны для растений открытых местообитаний [28, 31].

Увеличение содержания каротиноидов обусловлено возрастанием их роли в качестве дополнительных светосборщиков в сине-фиолетовой области солнечного спектра, доля которого в климатической зоне территории Беларуси увеличена в рассеянной радиации из-за частой облачности. Кроме того, каротиноиды в условиях высокой инсоляции выполняют защитную функцию. Из из-

ложенного выше видно, что морфофизиологическая структура головковидного люпина узколистного уклонена в сторону таковой растений открытых местобитаний.

Листья и вегетативные органы головковидного растения имеют насыщенно-антоциановую (пурпурную) окраску, обусловленную действием рецессивного гена *lco3*. Антоциан, растворенный в вакуолярном соке клеток эпидермиса, маскирует хлорофилл, находящийся в более глубоко расположенных клетках. Антоцианы – это класс окрашенных флавоноидов, обеспечивающих пурпурный, фиолетовый, красный и оранжевый цвета, а родственные им соединения флавонолы – желтый и кремовый. Цвет антоцианового пигмента зависит от кислотности вакуолярного сока: красный в кислой среде, фиолетовый в нейтральной и синий в щелочной [17, 18, 30].

Самая важная функция антоцианов – это защита растительного организма от внешних неблагоприятных абиотических и биотических факторов. Они являются компонентами общего адаптивного потенциала растений [18, 32].

Насыщенная антоциановая окраска стебля и листьев способствует в более холодных условиях лучшей аккумуляции солнечного тепла. Растения с пурпурной окраской вегетативных органов имеют более высокую температуру стебля и листьев (на 2-3 °C), чем зеленые растения. Они растут быстрее и интенсивнее осуществляют фотосинтез [15].

Антоцианы при сильном освещении поглощают избыточные кванты света, и, таким образом, вносят существенный вклад в защиту фотолabileльных соединений. Антоцианы, обладая большим антиоксидантным потенциалом, обеспечивают существенный вклад в антиокислительную защиту, эффективно нейтрализуя почти все виды радикальных форм кислорода и азота. Антоцианы защищают молодые листья от УФ-облучения на стадии образования хлоропластов до того, как будет синтезирован адекватный уровень ксантофиллов. Накопление в корнях проантоцианидов обуславливает толерантность растений к высоким концентрациям алюминия в почве [18]. Антоцианы, как и другие флавоноиды (флавонолы, изофлавоны, флавоны) проявляют широкий спектр антибактериальной и противогрибковой активности, действуя как эффективные алесины [17, 18].

Антоцианы, накапливаясь в оболочках семян, обуславливают их окраску (черную, красную, ржавую). Черносемянные линии люпина узколистного по сравнению с белосемянными аналогами созревают на 3-5 суток раньше [15]. Созревающие и полностью созревшие бобы черносемянных линий быстрее высыхают после ночной росы и дождя, создавая тем самым неблагоприятные условия для развития на них патогенных микроорганизмов. Эти особенности обусловлены лучшей аккумуляцией солнечного тепла черным цветом. Черная окраска оболочки семян появляется за 20-25 суток до полного созревания растений. Антоцианы также играют существенную роль как в устойчивости развивающихся и созревших семян к патогенным микроорганизмам, вредным насекомым, механическим повреждениям, так и в сохранении их жизнеспособности при хранении [30, 32].

Антоцианы головковидных растений люпина узколистного, обладая фотопротекторными и антиокислительными свойствами, являются универсальными протекторами против биотических и абиотических стрессоров.

Апикальное и единичное расположение головки на стебле растения, концентрированное и близкое размещение на ней цветков, а затем и бобов, быстрый рост бобов (действие рецессивного гена (*pgrl*) и их многосемянность (7-9 шт, контролируется доминантными генами *Nsp1*- *Nsp3*), а также быстрое развитие (рецессивный ген *grs1*) крупных семян (рецессивный ген *ssi3*). Все это вместе обуславливает как высокую скорость реутилизации ассимилятов, так и формирование эффективного механизма аттрагирующей активности генеративной сферы.

Чем мощнее генеративная сфера, чем выше скорость реутилизации ассимилятов, тем выше величина заказа на них и уровень внутренней стимуляции, работы листьев [11].

Кроме того, апикальное расположение головки на стебле обеспечивает хорошее освещение цветков, бобов и семян, что способствует дружному качественному созреванию и высыханию урожая семян.

Агроценоз головковидного люпина узколистного оптимальной плотности (120-140 растений на 1м²) является биологической системой с наиболее благоприятными ценотическими условиями для одновременного осуществления четырех нетто-ассимиляционных процессов формирования урожая: ассимиляция углерода (фотосинтез), ассимиляция воды, ассимиляция минеральных веществ и ассимиляция азота. Потенциальная урожайность сухой биомассы созревшего ценоза колеблется в пределах 14-16 т/га. К стадии начала цветения (стадия ВВСН 60) головковидный агроценоз формирует 40-50 тонн зеленой массы, которая характеризуется наибольшей биологической ценностью. В этот период она обладает максимальной концентрацией антоцианов, питательных веществ и высокой их перевариваемостью. Она содержит 16-17 % сухого вещества. В сухом веществе имеется 7-8 % сырой золы и 92-93 % органических соединений: из них в среднем 20 % сырого протеина, 3 % сырого жира, 25 % сырой клетчатки, 39,45 % БЭВ (1,45 % крахмала, 20 % сахаров, 18 % гемицеллюлозы), 1,9 % флавоноидов, 0,15 % каротиноидов, 1 % свободных органических кислот, 1,5 % хлорофиллов, 0,001-0,01 % алкалоидов. Флавоноидный комплекс зеленой массы состоит в основном из антоцианов – самого ценного компонента.

Зеленая масса головковидного агроценоза на стадии начало цветения может с успехом использоваться в свежем виде для приготовления различных пищевых продуктов и кормов.

Зеленую массу головковидного люпина узколистного на более поздних стадиях развития (сизых и блестящих бобов) наиболее эффективно использовать для приготовления консервированных кормов, так как в более поздние сроки ее урожайность увеличивается до 70-80 т/га, общее содержание в ней питательных веществ и клетчатки возрастает, но их переваримость в свежем виде снижается.

Потенциальная урожайность семян агроценоза головковидного люпина узколистного колеблется в пределах 7-9 т/га. Коэффициент хозяйственной эффективности (К-хоз) – 50-60 %. Семена мягкокожурные. Масса 1000 семян 140-160 г. Доля ядра в семени составляет 80-85 %. Семена содержат белка 36-38 %, жира 6-8 %, сырой клетчатки 14-15 %, БЭВ 40-42 % (из них 28-29 % некрахмалистых полисахаридов, 10,0-10,5 % крахмала, 7,0-7,5 % сахаров, 2,0-2,5 % флавоноидов), алкалоидов 0,005-0,01 %, золы 4-5 %. Сумма незаменимых аминокислот: % к белку 35-40, лизина 4,1-4,5, метионин + цистин 1,5-2,0.

Семена с успехом могут использоваться для приготовления различных пищевых продуктов и кормов.

Необходимо особо отметить, что в настоящее время ученые различных специальностей проявляют большой интерес к исследованиям флавоноидов, в частности антоцианов [17, 18, 19, 32]. Этот интерес вызван многообразием биологических эффектов, которые эти соединения проявляют в организме растения, человека и животных. У растений антоцианы, обладая фотозащитными и антиокислительными свойствами, являются универсальными протекторами против биотических и абиотических стрессоров.

Антоцианы уже используются в пищевой, фармакологической, косметической и медицинской промышленности [17, 29].

На сегодня определен спектр действия этих соединений в организме человека: антистрессовое, капилляроукрепляющее, противовоспалительное, антиканцерогенное, антиаллергическое, иммуномодулирующее и др. Установлена доза применения антоцианов различных растений: 150-200 мг в сутки.

Для массового применения антоцианов в качестве биологически активных компонентов в пищевых, лечебных и косметических составах необходимы интенсивные сорта растений с экономически выгодной урожайностью антоцианосодержащего сырья.

Создание на основе идеатипа натуральных сортов головковидного люпина узколистного с урожайностью зеленой массы на стадии начала цветения 40-50 т/га и содержанием в ней антоцианов в пределах 1,8-2,0 % будет способствовать позитивному решению указанной выше проблемы.

Как видно из изложенного выше, головковидный люпин узколистный представляет собой маслично-белковый тип растения, который обладает четко выраженной азотфиксацией и фосфатмобилизацией, а также высоким коэффициентом утилизации солнечной радиации. Его зеленая масса, особенно в период конец бутонизации (стадия ВВСН 59) начала цветения (стадия ВВСН 60), а также семена, представляют собой биологически полноценное высококачественное сырье для приготовления продуктов питания и кормов с высоким содержанием белка и антоцианов, наиболее ценного класса флавоноидов.

Современный наличный генофонд люпина узколистного дает реальную возможность успешно реализовать в ближайшем будущем указанную модель (идеатип) в натуральные головковидные сорта многоцелевого использования (пищевого, лекарственного, кормового и др.).

Заключение

На основе результатов собственных многолетних генетико-селекционных исследований и обобщения сведений литературы по биологии продукционного процесса агроценозов, а также опираясь на параметры ключевых признаков и свойств головковидного образца люпина узколистного *Футурум 7*, обладающего фасцированным стеблем и блокированным ветвлением, разработана морфофизиологическая модель (идеатип) и генотип (идиотип) раннеспелого сорта этого вида люпина с потенциальной урожайностью общей биомассы 14-16 т/га, семян 7-9 т/га, содержанием в них белка 36-38 % и жира 6-8 %. Идеатип относится к оптимальному морфофизиологическому типу растений, у которых большое число ксероморфных листьев на стебле сочетается с высокой скоростью их образования и разворачивания, что позволяет раннеспелому в агрономическом смысле сорту сформировать высокую урожайность за короткое время.

Антоцианы, самый ценный компонент флавоноидного комплекса, обеспечивают надежную защиту растительного организма от внешних неблагоприятных абиотических и биотических факторов.

Современный генофонд люпина узколистного позволяет успешно реализовать указанный идеатип в натуральные головковидные сорта многоцелевого использования (пищевого, лекарственного, кормового и др.).

Литература

1. Joernsgaard B., Christiansen J. L., Kuptsov N. Adaptation of Lupins for Northern European Maritime. Conditions. Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19-24 june 2002. ILA, Canterbury, New Zealand, van santen and G. D. Hill (eds), 2004. - P. 105-110
2. Амелин А.В. Потенциал семенной продуктивности растений гороха и его реализация в процессе селекции / А.В. Амелин // Сельскохозяйственная биология. – 1999. – №1. – С. 32-35.
3. Баханов, П.П. К вопросу о физиологической модели высокопродуктивных сортов зернобобовых культур / П. П. Баханов, А. А. Гаврикова, А. И. Долгопалова // Сельскохозяйственная биология. – 1981. – Т. 28, №6. – С. 803-810.
4. Борович, С. Можем ли мы создавать сорта растений и породы животных по заранее разработанным моделям / С. Борович // Генетика и благосостояние человечества. – М. : Наука, 1981. – С. 154-156.
5. Быков, О.Д. О возможности селекционного улучшения фотосинтетических признаков сельскохозяйственных растений / О.Д. Быков, М.И. Зеленкий // Физиология фотосинтеза. – М. : Наука, 1982. – С. 294-310.
6. Гатаулина, Г.Г. Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования урожая: монография / Г.Г. Гатаулина, С.С. Никитина. – Москва: ИНГРА. – М., 2016. – 241 с.
7. Жученко, А. А. Адаптивная система селекции растений (экологогенетические основы): в 2 т. / А.А. Жученко. – М. : РУДН, 2001. – Т. 1. – 780 с.
8. Кириченко, Ф.Г. Влияние отбора растений по мощности корневой системы на повышение урожая и улучшение его качества в потомстве / Ф.Г. Кириченко // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1963. – №4 – С. 3-20.
9. Козловский, А.А. Закономерности изменения морфофизиологической структуры растения люпина узколистного в ходе доместикации и селекции / А.А. Козловский, А.Н. Бурго-

ва, Н.С. Купцов // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.: редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2018. – Вып. 54. – С. 267-278.

10. Козловский, А.А. Эволюция биоморфофизиологии растений люпина узколистного в ходе domestikации и селекции / А. А. Козловский, Н. С. Купцов // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.: редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2020. – Вып. 56. – С. 367-379.

11. Коновалов, Ю.Б. Атрагирующая активность развивающихся плодов, семян и перспективы использования ее в качестве селекционного признака / Ю.Б. Коновалов // Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур. – М., 1975. – С. 34-43.

12. Кумаков, В.А. Физиология яровой пшеницы / В.А. Кумаков. – М.: Наука. – 1976. – 207 с.

13. Куперман, Ф.М. Морфофизиология растений. Морфофизиологический анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений. Изд. 3-е, доп. – М., Изд. «Высшая школа», 1977. – 288 с.

14. Купцов, Н.С. Закономерности эволюции мезоструктуры растений в ходе селекции на зерновую продуктивность и их использование в процессе синтеза интенсивных форм / Н.С. Купцов // Физиолого-генетические проблемы интенсификации селекционного процесса : сб. научн. трудов. – Саратов, 1984. – Ч. 1. – С. 88-89.

15. Купцов, Н.С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н.С. Купцов, И.П. Такунов. – Брянск, Клиницы : КРТ, 2006. – 576 с.

16. Ламан, Н.А. Исследование взаимосвязи процессов роста и фотосинтеза при селекции хлебных злаков на высокую продуктивность / Н.А. Ламан, М.Т. Чайка, С.И. Гриб // Теоретические основы селекции зерновых культур на продуктивность. – Минск: Наука и техника, 1987. – С. 136-150.

17. Макаревич, А.М. Функции и свойства антоцианов растительного сырья / А.М. Макаревич [и др.] // Труды БГУ. – 2010. – Том 4. – Вып. 2. – С. 1-11.

18. Макаренко, О.А. Физиологические функции флавоноидов в растениях / О.А. Макаренко, А.П. Левицкий // Физиология и биохимия культурных растений. – 2013. – Т. 45. – №2. – С. 110-112.

19. Мироненко, А.В. Биохимия люпина. – Минск: Наука и техника, 1975. – 312 с.

20. Морфофизиологические показатели продуктивности и устойчивости зерновых культур / под ред. В. С. Шевелухи. – Минск : Ураджай, 1980. – 144 с.

21. Насыров, Ю.С. Генетический контроль фотосинтеза и пути дальнейшего повышения продуктивности растений / Ю.С. Насыров // Генетика и благосостояние человечества. – М.: Наука, 1981. – С. 508-517.

22. Ничипорович, А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений / А.А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 7-33

23. Образцов, А.С. Биологические основы селекции растений. – М.: Колос, 1981. – 271 с.

24. Прохоров, В.Н. Физиолого-экологические основы оптимизации продукционного процесса агрофитоценозов / В.Н. Прохоров [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2005. – 370 с.

25. Рябцева, Т.В. Эволюция интенсификации сада / Т.В. Рябцева // Наше сельское хозяйство. – 2012. – № 12 (47). – С. 95-100.

26. Синская, Е.Н. Динамика вида / Е.Н. Синская. – М., Л.: Сельхоз ГИЗ. – 1948. – 526 с.

27. Старжицкий, С.Т. Биологическая основа моделирования сельскохозяйственных растений // С.Т. Старжицкий // Генетика и благосостояние человечества. – М.: Наука, 1981. – С. 434-439.

28. Тооминг, Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.

29. Тутельян, В.А. Флавоноиды: содержание в пищевых продуктах, уровень потребления и биодоступность / В.А. Тутельян, А.К. Батурин, Э.А. Мартинчик // Вопросы питания. – 2004. – 73. №6 – С. 43-48.

30. Харборн, Дж. Фенольные гликозиды и их распространение в природе // Биохимия фенольных соединений. – М.: Мир, 1968. – С. 109-139.

31. Цельникер, Ю.Л. Физиологические аспекты адаптации листьев к условиям освещения / Ю.Л. Цельникер, О.П. Осипова, М.К. Николаева // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 187-203.

32. Шапошников, А.А. Изофлавоноиды растений семейства бобовых и их биологическое действие / А.А. Шапошников, А.Ю. Хорошевский // Успехи современной биологии. – 2003. – 123. №1. – С. 76-81.

33. Шумт, П.Г. Биологические основы агротехники плодоводства / П.Г. Шитт. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1952. – 363 с.

CAPITULIFORM MORPHOPHYSIOLOGICAL TYPE OF A PLANT – THE NEXT STAGE OF BLUE LUPINE DOMESTICATION

A.A. Kozlovsky, V.N. Voitova, A.N. Bugrova, N.S. Kuptsov

The article states the main findings in breeding of blue lupine intensive varieties. The totally new direction in blue lupine breeding is described related to the creation of a capituliform plant with a fasciated stalk and blocked branching. It is pointed out that the existing gene pool enables to develop capituliform varieties with the potential yield that amounts to 14-16 t /ha of dry biomass and 7-9 t /ha of seeds.

УДК 633.34/631.524.84

СОЗДАНИЕ И ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА СОИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ ЗЕЛЕНУКОСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

М.М. Коротков, ст. научный сотрудник, **А.В. Сикорский**, канд.с.-х. наук,
О.В. Короткова, ст. научный сотрудник, **Ж.С. Колос**, научный сотрудник
РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 31.03.2021)

Рецензент: Шор В.Ч., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Изучен коллекционный и селекционный материал сои зеленоукосного использования в условиях южной зоны Беларуси. Выявлены признаки, дающие возможность отнести сорт к определенной группе использования (зеленукосного, силосного направления). Выделены наиболее перспективные по селекционно-ценным признакам образцы сои: Мальвина, Донская 9, Чера, Смолянка, Madison, Васильківська, ВНИИОз-31, Graill. Определены гибриды сои с высокими хозяйственными показателями: урожайностью зерна (СПГ-02-1/18, СПГ-03-1/18, СПГ-03-2/18); кормовой продуктивностью (СПГ-01-1/18, СПГ-02-2/18, СПГ-03-1/18).

В Беларуси в основном возделывают зерновые сорта сои. Отсутствуют специализированные и приспособленные к местным условиям кормовые сорта. Для более эффективного использования сои в производстве, увеличения урожайности этой культуры на корм, рационального землепользования необходимо создание специальных сортов, либо разграничение существующих сортов по пригодности возделывания на зеленую массу, сено, силос, для пожнивных и смешанных посевов с другими культурами [1-6].

Актуальным в условиях Беларуси является создание сортов кормового направления, предназначенных для выращивания на зеленую массу. Кроме того, для создания зеленого кормового конвейера, необходимого для подкормки животных свежей зеленой массой с середины лета, важно создание высокоурожайных сортов разных групп спелости. Зеленая масса сои содержит большое количество белка, каротина, кальция, фосфора, микроэлементов, в которой, в отличие от многолетних бобовых трав, длительное время (от цветения до налива бобов) не снижается питательная ценность. При создании сортов зеленоукосного использования сортообразцы сои должны соответствовать определенным требованиям. Самые значимые признаки – характер роста и высота растения. Зеленоукосные сорта должны быть относительно высокорослыми, с высоким прикреплением ветвей, с негрубой и богатой белком, сахарами, минеральными веществами и витаминами зеленой массой, способными к интенсивному наращиванию массы и отращиванию после скашивания, с медленно стареющими листьями [7-10].

Цель исследований: изучение селекционно-ценных и хозяйственных признаков образцов кормовой сои и создание исходного материала для селекции сортов зеленоукосного направления.

Методика и условия проведения исследований. Объектом исследований являлся селекционный и коллекционный материал сои зеленоукосного использования. Исследования проводили на полях РНДУП «Полесский институт растениеводства», расположенного в п. Кричиный Мозырского района Гомельской области в 2013-2015 гг., 2019-2020 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, слабоподзоленная, развивающаяся на супесях, подстилаемых с глубины 140-170 см мореным суглинком. Обработка почвы проводилась согласно отраслевого регламента. Фосфорно-калийные удобрения вносили в дозе $P_{90}K_{120}$. Для химической прополки посевов против однолетних и многолетних сорняков использовали гербицид Экстракорн, СЭ (3,5 л/га) до всходов культуры. Подкормка азотными удобрениями в дозе N_{30} проводилась в фазу 3-4 тройчатых листа сои. Посев коллекции сои проведен в первой – второй декаде мая сплошным способом сева с междурядьями 15 см с нормой высева 500 тыс. шт./га. Площадь делянки – 5,88 м² в четырехкратной повторности. Посев гибридов первого и второго поколения проведен с площадью питания 70×70 см для размножения и оценки исходного материала по комплексу селекционно-ценных признаков.

Уборка на корм проводилась при достижении укосной фазы (полный налив бобов – начало созревания бобов) в зависимости от сортообразцов сои различ-

ных групп спелости: 1-2 декада августа – раннеспелые, среднеранние, среднеспелые группы и 2-3 декада августа – среднепоздние, позднеспелые группы.

Результаты исследований и их обсуждение. За время исследований 2013-2015 гг. 48 сортообразцов коллекции сои классифицированы по длине периода вегетации от фазы всходов до уборки на зерно на пять групп спелости: 8 образцов – раннеспелые (до 110 дней), 12 – среднеранние (110-120 дней), 11 – среднеспелые (121-130 дней), 9 – среднепоздние (131-140 дней) и 8 – позднеспелые (свыше 140 дней).

Облиственность растений изменялась в зависимости от увеличения вегетационного периода с 22,5 % у группы раннеспелых до 33,3 % у группы позднеспелых (рисунок 1). Соответственно отмечено снижение процентного содержания бобов на растении при увеличении периода вегетации от группы раннеспелых (43,7 %) к группе позднеспелых (28,2 %). Высота растений возрастала от раннеспелых сортов коллекции к позднеспелым на 14 см – с 72 см до 86 см.

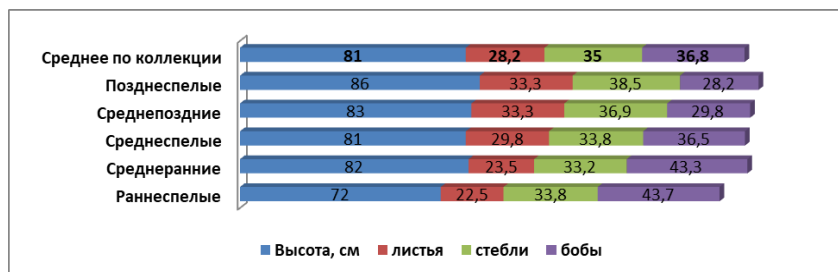


Рисунок 1 – Высота (см) и соотношение частей растения (%) при уборке на зеленую массу сортообразцов сои различных групп спелости (среднее за 2013-2015 гг.)

Урожайность зеленой массы раннеспелых образцов сои составила в среднем 342,4 ц/га, сухого вещества 107,7 ц/га. Процентное соотношение бобов на растениях сои составило 43,7 %, что связано с раннеспелостью растений ранней группы (таблица 1).

В каждой группе спелости выявлены наиболее продуктивные сорта сои, которые могут быть использованы для возделывания на зеленый корм, силосование, приготовление сенажа с другими культурами в августе-сентябре. При возделывании сортов из различных групп спелости возможно возделывание сои в режиме зеленого конвейера.

Максимальной продуктивностью обладают сорта и образцы из группы среднеспелых, среднепоздних и позднеспелых (максимальная урожайность зеленой массы – 533,0 ц/га, 488,5 ц/га, 495,0 ц/га, сухого вещества – 124,5 ц/га, 143,5 ц/га, 132,5 ц/га соответственно), которые могут использоваться на силос. Сорта с максимальной продуктивностью, выделенные из коллекции сои, из групп раннеспелых и среднеранних могут использоваться в основном на зеленый корм (максимальная урожайность зеленой массы – 459,5 ц/га и 411 ц/га, сухого вещества – 133,1 ц/га и 124,5 ц/га).

Таблица 1 – Кормовая продуктивность сортообразцов коллекции сои различных групп спелости при использовании на зеленую массу (среднее за 2013-2015 гг.)

Группа спелости, количество образцов, шт.	Урожайность, ц/га					
	зеленой массы			сухого вещества		
	max	min	среднее	max	min	среднее
Раннеспелые (период вегетации до 110 дней)						
Среднее по группе - 8	459,5	211,5	342,4	133,1	41,3	103,0
Среднеранние (период вегетации 110-120 дней)						
Среднее по группе - 12	411,0	240,5	337,4	124,5	69,5	94,0
Среднеспелые (период вегетации 121-130 дней)						
Среднее по группе - 11	533,0	205,0	376,5	139,6	58,5	104,6
Среднепоздние (период вегетации 131-140 дней)						
Среднее по группе - 9	488,5	315,5	418,7	143,5	91,2	112,3
Позднеспелые (период вегетации свыше 140 дней)						
Среднее по группе - 8	495,0	358,5	439,8	132,5	98,6	118,3
Среднее по коллекции - 48	477,4	266,2	382,9	134,6	71,8	106,4
НСР 05	46,3	26,1	37,5	13,0	7,0	10,4

За период исследований в коллекции выделены образцы с высокой продуктивностью зеленой массы и сухого вещества в каждой группе спелости: в раннеспелой группе – *Марьяна* (435,0 ц/га и 131,4 ц/га), *Дина* (415,5 ц/га и 125,5 ц/га), образец *1.12* (459,5 ц/га и 131,4 ц/га); в среднеранней группе – *Устя* (411,0 ц/га и 124,5 ц/га), образец *3.12* (393,5 ц/га и 102,7 ц/га), *MON – 05* (394,0 ц/га и 111,6 ц/га); в среднеспелой группе – *Полесская-201* (393,0 ц/га и 105,8 ц/га), *Соер-7* (444,5 ц/га и 124,4 ц/га), *Окская* (478,0 ц/га и 138,0 ц/га); в среднепоздней группе – *Мальвина* (488,5 ц/га и 127,4 ц/га), *Донская 9* (488,0 ц/га и 143,5 ц/га), *Лучезарная* (420,0 ц/га и 112,1 ц/га), *Чера* (446,0 ц/га и 108,2 ц/га), *Монада* (488,5 ц/га и 127,4 ц/га), *Версия* (402,5 ц/га и 118,6 ц/га), *Смолянка* (442,5 ц/га и 105,8 ц/га); в позднеспелой группе – *Васильківська* (403,0 ц/га и 116,1 ц/га), *Рось* (436,5 ц/га и 124,4 ц/га), *Madison* (495,0 ц/га и 132,5 ц/га), *ВНИИОз-31* (442,5 ц/га и 109,7 ц/га), *Graill* (474,0 ц/га и 125,2 ц/га), *Шарм* (450,0 ц/га и 123,5 ц/га).

Сортообразцы среднепоздней и позднеспелой групп были вовлечены в селекционный процесс в виде родительских форм при создании сортов зеленоукосного направления. По урожайности зеленой массы и сухого вещества сорта *Мальвина*, *Донская 9*, *Смолянка*, *Чера* превысили средний показатель по коллекции на 59,6-150,1 ц/га и 1,8-37,1 ц/га (таблица 2).

Урожайность зеленой массы сформировалась в основном за счет высоты растений (67-90 см); облиственности (29,2-34,4 %), зеленных стеблей (25,7-32,1 %), бобов (36,2-40,7 %); количества зеленых бобов на растении (35,-63 шт.) при содержании сухого вещества 23,5-29,4 % (таблица 3).

Кормовая продуктивность сортов *Madison*, *Васильківська*, *ВНИИОз-31*, *Graill* (урожайность зеленой массы и сухого вещества 403,0-495,0 ц/га и 109,7-132,5 ц/га) подтверждается высотой при уборке (65-81 см), облиственностью

**Таблица 2 – Урожайность зеленой массы, сухого вещества в коллекции
сортотипов сои поздних групп спелости (среднее за 2013-2015 гг.)**

Образец	Урожайность зеленой массы, ц/га	Урожайность сухого веще- ства, ц/га	Содержание в абсолютно сухом веществе, %	
			белок	жир
Среднепоздние (период вегетации 131-140 дней)				
Мальвина	533,0	139,6	29,9	6,7
Донская 9	488,0	143,5	29,8	6,2
Смолянка	442,5	105,8	30,0	7,2
Чера	446,0	108,2	29,6	7,5
Позднеспелая (период вегетации свыше 140 дней)				
Madison	495,0	132,5	30,4	8,1
Васильківська	403,0	116,1	28,6	7,8
ВНИИОз-31	442,5	109,7	29,8	6,6
Grail	474,0	125,2	30,7	6,5
<i>Среднее по коллекции</i>	<i>382,9</i>	<i>106,4</i>	<i>30,3</i>	<i>8,0</i>
НСР ₀₅	37,5	10,4	3,0	0,8

**Таблица 3 – Морфологическая характеристика образцов сои в коллекции
при уборке на зеленую массу (среднее за 2013-2015 гг.)**

Образец	Вы- сота, см	Соотношение частей растения сои, %			Количество на 1 растении, шт.		% сухого вещества
		листьев	стеблей	бобов	бобов	ярусов	
Среднепоздние (период вегетации 131-140 дней)							
Мальвина	86	30,4	32,1	37,5	63	9,5	26,2
Донская 9	67	34,4	25,7	39,9	39	10,0	29,4
Смолянка	80	29,2	30,1	40,7	35	9,5	23,5
Чера	90	32,6	31,2	36,2	40	8,5	24,3
Позднеспелые (период вегетации свыше 140 дней)							
Madison	65	27,6	28,1	44,2	40	7,5	27,0
Васильківська	77	27,8	28,9	43,3	30	8,5	28,7
ВНИИОз-31	76	35,6	35,3	29,1	34	8,0	24,8
Grail	81	33,3	35,3	31,4	31	9,5	26,5
Среднее по коллекции	72	25,2	29,5	45,3	37	8,7	28,1
НСР 05	7,1	2,5	2,9	4,4	3,6	0,9	2,8

(27,6-35,6 %), стеблей (28,1-35,3 %) , бобов (29,1-44,2 %) и количеством бобов на растении (30-40 штук). Содержание сухого вещества у этих сортов составило 24,8-28,7 %.

Определены признаки, дающие возможность отнести сорт к определенной группе использования (зеленоукосного, силосного направления). К таким признакам в первую очередь относятся высота растений, облиственность, количество бобов и ярусов (ветвистость) на растении, напрямую коррелирующие с урожайностью зеленой массы при возделывании сорта на зе-

ленный корм. Выявлены корреляционные связи средней силы между зеленой массой растения и высотой растения перед уборкой ($r=+0,45\pm0,13$), процентным соотношением бобов ($r=+0,40\pm0,13$) и листьев на растении ($r=+0,51\pm0,12$), количеством бобов на растении ($r=+0,48\pm0,13$). Урожайность сухого вещества средне коррелирует с высотой растений ($r=+0,37\pm0,13$), процентным содержанием листьев ($r=-0,47\pm0,13$) и количеством бобов на растении ($r=+0,53\pm0,12$). Содержание белка в зеленой массе находится в средней корреляционной связи с количеством бобов на растении ($r=+0,41\pm0,13$), процентным содержанием листьев ($r=-0,59\pm0,12$), бобов ($r=+0,57\pm0,13$) и стеблей ($r=-0,52\pm0,13$), содержанием сухого вещества ($r=-0,39\pm0,13$). Кроме того, наблюдалась положительная корреляция между содержанием белка в зеленой массе и ветвистостью ($r=+0,41\pm0,13$). Корреляционные связи достоверны при $P = 0,01$.

В 2018 г. проведена гибридизация выделенных сортов среднепоздней и позднеспелой групп (7 комбинаций скрещиваний) рабочей коллекции. В результате скрещиваний получены 47 гибридов F_1 для последующего размножения и оценки в селекционных питомниках.

В 2019 г. в селекционном питомнике проведена предварительная оценка гибридов сои F_1 по морфологическим признакам, показателям продуктивности (таблица 4). Продуктивность зерна на одно растение испытуемых гибридов варьировала в пределах 68,1-156,1 штук. Наибольшей продуктивностью растений по зерну обладали гибриды *СПГ-03-2/18*, *СПГ-03-1/18*, *СПГ-02-1/18*, полученные при скрещивании в качестве материнской формы сортообразцов *Васильківска*, *ВНИИОз-31*, *Смолянка*.

Таблица 4 – **Морфологические признаки и показатели продуктивности гибридов сои в селекционном питомнике гибридов F_1 (2019 г.)**

Гибрид	Период вегетации, дней	Количество на 1 растении, штук			Количество семян в бобе, штук	Масса 1000 зерен, г.	Продуктивность 1 растения, г.
		междоузлий	бобов	зерен			
СПГ-01-1/18	122	14	307	384	1,5	185,8	71,6
СПГ-01-2/18	107	17	213	384	2,0	222,4	84,5
СПГ-02-1/18	118	18	239	515	2,5	201,0	104,4
СПГ-02-2/18	122	17	290	414	1,5	162,4	68,1
СПГ-03-1/18	118	19	375	497	1,5	210,6	105,2
СПГ-03-2/18	118	18	389	527	2,5	204,7	156,1
СПГ-04-1/18	111	19	302	508	1,5	182,5	91,5
Среднее	117	17	302	461	1,9	195,6	97,3
НСР ₀₅						19,3	9,4

По урожайности зерна на растение выделены 3 гибридные комбинации: *СПГ-02-1/18*, *СПГ-03-1/18*, *СПГ-03-2/18*. По массе 1000 семян выделены 5 гибридных комбинаций: *СПГ-01-2/18*, *СПГ-02-1/18*, *СПГ-02-2/18*, *СПГ-03-1/18*,

СПГ-03-2/18. По количеству бобов на 1 растении выделены 4 комбинации: *СПГ-01-1/18*, *СПГ-03-1/18*, *СПГ-03-2/18*, *СПГ-04-1/18*.

Гибриды сои классифицированы по длине периода вегетации на группы: раннеспелая – *СПГ-01-2/18* (период вегетации 107 дней), среднеранняя – *СПГ-04-1/18*, *СПГ-02-1/18*, *СПГ-03-1/18*, *СПГ-03-2/18* (период вегетации 111-118 дней) и среднеспелая – *СПГ-01-1/18*, *СПГ-02-2/18* (период вегетации 122 дня).

В 2020 г. проведена оценка гибридов F_2 (47 гибридов) по комплексу селекционно-ценных признаков для создания сортов сои зеленоукосного использования.

В результате исследований выделены по урожайности зеленой массы 25 гибридов, по сбору сухого вещества 7 гибридов, по высоте растений перед уборкой 12 гибридов. С комплексом хозяйственно-ценных признаков (высокими показателями урожайности зеленой массы и сухого вещества, высоты растений) выделены 6 гибридов: *СПГ-01-1/18-(1)*, *СПГ-02-2/18-(9)*, *СПГ-02-2/18-(11)*, *СПГ-02-2/18-(12)*, *СПГ-02-2/18-(13)*, *СПГ-03-1/18-(2)*.

Выделены три комбинации (*СПГ-01-1/18*, *СПГ-02-2/18*, *СПГ-03-1/18*) превысившие среднее по комбинациям по урожайности зеленой массы на 71,1-112 ц/га и одна комбинация по урожайности сухого вещества на 18,2 ц/га (*СПГ-01-1/18*) (таблица 5). Выделенные комбинации превысили родительские формы по урожайности зеленой массы и сухого вещества, высоте растений.

Таблица 5 – Урожайность зеленой массы и сухого вещества гибридов сои F_2 при уборке на кормовые цели, среднее по комбинации (2020 г.)

Шифр по каталогу	Высота растений, см	Сухое вещество, %	Урожайность при индивидуальном размещении растений, ц/га	
			зеленой массы	сухого вещества
<i>СПГ-01-1/18</i>	52	36,6	259,0	94,7
<i>СПГ-02-2/18</i>	47	31,8	221,6	70,1
<i>СПГ-03-1/18</i>	45	26,7	218,8	57,2
Среднее	43	33,5	147,7	76,5

Наибольшей селекционной значимостью при создании сортов сои зеленоукосного использования обладают гибриды комбинаций *СПГ-01-1/18*, *СПГ-02-2/18*, *СПГ-03-1/18*, полученные при скрещивании в качестве материнской формы сортообразцов *Graill*, *Мальвина*, *ВНИИОз-31*.

Выводы

1. При создании исходного материала сои зеленоукосного использования в качестве источников хозяйственно-ценных признаков можно использовать сорта *Мальвина*, *Донская 9*, *Чера*, *Смолянка*, *Madison*, *Васильківська*, *ВНИИОз-31*, *Graill*.

2. Созданный селекционный материал сои зеленоукосного направления показывает высокую кормовую продуктивность при скрещивании в качестве материнской формы сортообразцов *Graill*, *Мальвина*, *ВНИИОз-31*, *Васильків-*

ска, Смолянка. Выделены гибриды сои с высокими хозяйственными показателями: урожайностью зерна (СПГ-02-1/18, СПГ-03-1/18, СПГ-03-2/18); кормовой продуктивностью (СПГ-01-1/18, СПГ-02-2/18, СПГ-03-1/18).

Литература

1. Давыденко, О.Г. Соя для умеренного климата / О.Г. Давыденко, Д.В. Голоенко, В.Е. Розенцвейг. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 173 с.
2. Халецкий, В.Н. Основные приемы возделывания сои в Республике Беларусь (рекомендации производству) / В.Н. Халецкий [и др.]. – Минск, 2012. – 24 с.
3. Шпар, Д. Кормовые культуры (Производство, уборка, консервирование и использование грубых кормов) / Д. Шпар [и др.]; под общ.ред. Д. Шпаара. – М.: Агродело, 2008. – 784 с.
4. Корпанов, Р.В. Совмещенные и смешанные посевы сои с кукурузой. Технологические аспекты / Р. Корпанов, М. Коротков, В. Звонкович // Белорусское сельское хозяйство. – 2018. – №1. – С.49-52.
5. Короткова, О.В. Кормовая продуктивность сои различных групп спелости. / О.В. Короткова, М.М. Коротков, Ж.С. Колос // Молодежь в науке – 2016: матер. межд. научн. конф. – Минск, 2016. – С. 53. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://chemistry.bsu.by/images/news/molodezh_v_nauke_2016_tezis.pdf. – Дата доступа: 10.02.2021.
6. Коротков, М.М. Изучение коллекции сои по кормовой продуктивности в условиях юго-востока Беларуси / М.М. Коротков, Ж.С. Колос, О.В. Короткова, А.В. Сикорский / Стан і перспективи розвитку селекції в умовах змін клімату: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції. – Херсон, 2018. – С. 80-82. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://drive.google.com/file/d/1rEdeg4yEscRzFQEEeoOr8Tn5jBSLVs3C/view>. – Дата доступа: 10.02.2021.
7. Лещенко, А.К. Соя / А.К. Лещенко [и др.]. – Киев: Наукова думка, 1987. – 256 с.
8. Кочегура, А.В. Селекция сои разных направлений использования: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / А.В.Кочегура. – Краснодар, 1998. – 47 с.
9. Бурляева, М.О. Динамика роста и накопления зеленой массы у кормовых образцов сои / М.О. Бурляева // Бобовые культуры в современном сельском хозяйстве: сб. мат. междунар. научн.-практ. конф. – Новгород, 1998. – С. 197-199.
10. Вишнякова, М.А. Коллекция сои ВИР – источник исходного материала для современных направлений селекции / М.А. Вишнякова, М.О. Бурляева, И.В. Сеферова // Итоги исследований по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005-2010 гг.: сборник статей координационного совещания. – Краснодар, 2004 – С. 46-53.

CREATION AND EVALUATION OF THE SOYBEAN INITIAL MATERIAL FOR BREEDING OF VARIETIES USED FOR MOWING M. M. Korotkov, A. V. Sikorsky, O. V. Korotkova, Zh. S. Kolos

The collection and breeding material of soybeans used for mowing is studied under the conditions of the southern zone of Belarus. The traits that enable to refer the variety to a certain group of use (for mowing or for silage) are identified. The most promising soybean samples regarding important breeding traits are identified: Malvina, Donskaya 9, Chera, Smolyanka, Madison, Vasilkovskaya, VNIIOz-31, Graill. Soybean hybrids with high economic indicators are determined: grain yield (02-1/18, 03-1/18, 03-2/18) and fodder productivity (01-1/18, 02-2/18, 03-1/18).

**ИЗУЧЕНИЕ ЭМБРИОГЕННОЙ СПОСОБНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ
ГЕНОТИПОВ ОЗИМОГО РАПСА В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO***

**Е.Н. Куликович, Я.Э. Пилюк, кандидаты с.-х. наук, Н.Л. Ермоленко,
И.Н. Синица, Н.Н. Бобко, Е.Ф. Барчевская**

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Поступила 23.03.2021)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. Изучена эмбрионная способность образцов озимого рапса различного происхождения. Установлена сортовая специфика по данному признаку и выявлены наиболее перспективные образцы. Определено, что значительное влияние на повышение выхода эмбриоидов имеет холодовая предобработка донорных растений и вид соцветия, из которых извлекались экспланты. Холодовая предобработка отобранных донорных бутонов повышала выход эмбриоидов, однако была менее эффективной, чем холодовая предобработка донорных растений. Выявлено, что оптимальным сроком отбора донорного материала является период от 12 до 20 дней от начала бутонизации растений озимого рапса.

В современной селекции все большее значение приобретают методы и методики, позволяющие создавать улучшенные и принципиально новые генотипы сельскохозяйственных растений с устойчивостью к комплексу неблагоприятных факторов среды и высоким уровнем урожайности и качества продукции. Одним из таких методов, получающих все большее распространение в селекционных учреждениях, стал метод получения удвоенных гаплоидов (DH) лучших селекционных линий, позволяющий быстро получать генетически стабильный гомозиготный материал. Из всех методов получения дигаплоидов чаще всего используется андрогенез в культуре пыльников и микроспор. Данный метод широко применяется при создании новых сортов и гибридов ячменя [3, 5], пшеницы [2, 4, 15], тритикале [12, 13], гороха [7, 8, 9], проса [6], риса [11, 14] и других сельскохозяйственных культур. Сущность метода заключается в культивировании пыльников на искусственной питательной среде для индукции многократного деления у одноядерных гаплоидных микроспор с образованием морфогенных или эмбриогенных структур, из которых в дальнейшем, после культивирования на адаптированных питательных средах формируются растения-регенеранты, как правило, с гаплоидным набором хромосом [19]. Полученные гаплоидные растения могут использоваться не только в селекционной работе, но и в фундаментальных и прикладных исследованиях при работе с мутантами, так как мутагенез на гаплоидном клеточном уровне гораздо эффективнее. Гаплоиды значительно расширяют генетическое разнообразие исходного селекционного материала

как за счет рекомбинаций при мейотическом делении при гаметогенезе, так и за счет соматональных мутаций в условиях *in vitro* [18].

Основная проблема в технологии ДН – влияние генотипа на частоту выхода эмбриоидов и зеленых регенерантов. Данные показатели в определенной степени можно корректировать подбором условий культивирования донорных растений, предварительной их обработкой пониженными или повышенными температурами, биологически активными веществами.

Уникальность рапса, в отличие от большинства других сельскохозяйственных культур, заключается в его способности к прямому пыльцевому эмбриоидогенезу непосредственно на индукционной среде [1], высокой регенерационной способности и отсутствию альбинизма у регенерантов. Кроме того, у него проявляется вторичный и третичный эмбриоидогенез, позволяющий повысить выход эмбриоидов. Возможно, это связано с тем, что рапс относительно молодая культура амфидиплоидного происхождения с высокой гетерозиготностью и межгеномным гетерозисом [1], что повышает жизнеспособность эмбриоидов и увеличивает выход гаплоидов. Кроме того, ряд авторов [10, 17] в своих работах не отмечали значительной сортовой специфики у рапса по частоте эмбриоидогенеза, у них гаплоиды были получены во всех гибридных комбинациях. В настоящее время с помощью культуры микроспор созданы новые сорта рапса в Канаде, Дании, Франции, Германии [10]. В Беларуси с использованием культуры пыльников создан и включен в Госреестр Беларуси и России сорт ярового рапса Неман [16].

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили в отделе масличных культур и отделе биохимии и биотехнологии РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2020-2021 гг. Метеорологические условия за период проведения исследований существенно отличались от среднесуточных показателей как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков (рисунок 1). Зимний сезон 2019-2020 гг. был аномально теплым, средняя температура воздуха составила +1,5 °С, что выше климатической нормы на 5,9 °С. Зимние месяцы характеризовались небольшим избытком осадков. На протяжении всего зимнего сезона не отмечалось образование устойчивого снежного покрова.

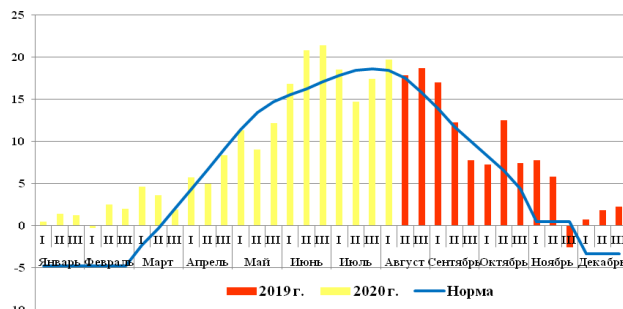


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха в годы исследований

В течение вегетационного периода погодные условия характеризовались недостатком влаги в апреле, избытком в мае и второй половине июня, однако в целом были благоприятными для озимого рапса. Среднесуточная температура воздуха в 1 декаде апреля 2020 г. превышала норму на 1,3 °С, во 2 и 3 декадах – было на 2,1 и 0,8 °С холоднее обычного. В мае, особенно во 2 и 3 декадах, было сухо и прохладно (среднесуточная температура воздуха была на 4,4 и 2,6 °С ниже среднееголетних показателей, а сумма атмосферных осадков за эти периоды составила соответственно только 66,0 и 58,0 % от нормы.

Генеративная фаза развития озимых форм рапса протекает в достаточно стрессовых условиях, зачастую с резкими перепадами температур, что способствует повышению частоты перехода развития микроспор с гаметофитного на спорофитный путь [1]. В апреле среднесуточная температура днем составила +11 °С, а ночная +3°С. Таким образом, в условиях вегетационного периода весной 2020 г. сложились температурные условия, способствующие холодовой предобработке донорных растений озимого рапса.

Таблица 1 – **Изменение температурного режимам по декадам в 2020 г.**

Месяц	Декада	Температура	Норма	Минимальная
Апрель	1	6,2	4,9	-3
	2	1,9	7	-1
	3	8,3	9,1	-1-2
Май	1	11,3	11,4	-1
	2	9	12,4	-1
	3	12,1	14,7	-1

Для получения гаплоидов рапса донорные бутоны брали в утренние часы, промывали в дистиллированной воде и для повышения интенсивности процессов эмбриоидогенеза помещали в термостат при температуре +4-5 °С на 1-3 дня. Затем бутоны стерилизовали в 5 % растворе хлорамина и промывали в дистиллированной воде три раза. Извлечение пыльников проводили под бинокулярной лупой в асептических условиях в ламинар-боксе и пассировали на питательную среду Келлера-Армстронга с различными модификациями. Для индукции эмбриоидогенеза пассировали по 18 пыльников в одну пробирку с 10 мл питательной среды. Пробирки с эксплантами помещали в термостат и культивировали в темноте при различных температурах. По мере появления эмбриоидов их пересаживали на модифицированную среду Мурасиге-Скуга для регенерации. Гаплоидные регенеранты в фазе 2-3 листьев подвергали дигаплоидизации путем воздействия водным раствором колхицина на корневую систему с последующим промыванием проточной водой. Дигаплоидные растения высаживали в искусственную почву для акклиматизации и далее – в теплицу.

Результаты и обсуждение. Из литературных источников известно, что холодовая предобработка незрелых бутонов при температуре +4 ...- +7° С в течение нескольких суток синхронизирует клеточные деления и повышает выход эмбриогенных эксплантов. Многие авторы проводят холодовую предобработку

не только собранных бутонов, но и донорных растений. Нами были проведены исследования, показавшие, что холодовая предобработка донорных растений повышает выход эмбрионидов у большинства образцов (таблица 2, рисунок 2).

Экспланты с предварительной холодной обработкой отбирались в конце первой декады мая в основном из верхушечных соцветий. В данный период средняя дневная температура составляла +11 °С, а ночная +3 °С, что близко к режиму предобработки, рекомендуемому другими исследователями (день +10 °С, ночь +5 °С) и его продолжительностью 3-5 недель [1].

Растения без холодной обработки отбирались в начале и середине третьей декады мая. В мае среднемесячная дневная температура повысилась до +14 °С днем и +8 °С ночью. Такой температурный режим, наблюдавшийся в течение 14 дней, по-видимому, снял эффект холодной предобработки растений, способствовал ускорению развития растений и прохождения оптимальных фаз развития. В данный период размерам, пригодным для биотехнологических манипуляций, соответствовали только боковые побеги (длина пыльника 2,0-3,5 мм, лепестки равны от 1/3 до 2/3 длины пыльника) [1].

Из данных таблицы 2 видно, что у образцов, у которых донорные растения подвергались холодной предобработке, эмбриониды появились у всех номеров, включая даже генотипы с низкой эмбриогенной способностью (№2/20-0,16 % и №3/20-0,72 %). Максимальной эмбриогенной способностью обладал образец №6/2 (31,9 %). Высокой эмбриогенной способностью обладали также образцы №4/20 (14,2 %), №1/20 (9,4 %) и №2 (9,1 %).

Экспланты, полученные от растений, не прошедших холодовую предобработку, обладали низкой эмбриогенной способностью. Лучшими по данному признаку оказались образцы №171816418-1 (2,5 %) и №1/20 (2,1 %). У образца №1/20 эмбриогенная способность снизилась более, чем в четыре раза – с 9,5 % до 2,1 %. У образца №6/2, показавшем самую высокую эмбриогенную способность (31,9 %) с предобработкой, без нее эмбриониды не формировались (0 %).

По календарным срокам можно предположить, что наиболее благоприятный период для получения донорного материала с высоким эмбриогенным потенциалом у озимого рапса наступает через 12-20 дней после начала бутонизации. Экспланты, выделенные в более поздние сроки, обладают слабой эмбриогенной способностью.

Выводы

1. Холодовая предобработка донорных растений озимого рапса повышает его эмбриогенную способность более, чем в четыре раза. При холодной предобработке отобранных бутонов невозможно достигнуть такого эффекта и также значительно повысить эмбриогенную способность эксплантируемых пыльников.

2. Оптимальным сроком получения донорного материала является период от 12 до 20 дней от начала бутонизации растений озимого рапса.

Таблица 2 – Влияние холодовой предобработки донорных растений на эмбриогенную способность высаженных эксплантов

Образец	С холодовой предобработкой				Без холодовой предобработки				Сроки наступления фаз		Дата эксплан-тирования
	высажено пыльников, шт.	получено эмбрионов, шт.	%		высажено пыльников, шт.	получено эмбрионов, шт.	%		бутонизация	цветение	
№1/20	900	85	9,4		360	4	2,1		01.05	14.05	13.05, 22.05
№2/20	630	1	0,16		-	-	-		25.04	07.05	13.05
№3/20	1854	14	0,75		-	-	-		28.04	10.05	13.05
№4/20	486	69	14,2		-	-	-		29.04	11.05	13.05
№4/1	828	39	4,7		-	-	-		25.04	08.05	13.05
№6/2	522	167	31,9		252	0	0		24.04	09.05	13.05, 21.05
№8	936	12	1,2		-	-	-		27.04	10.05	13.05
№2	594	54	9,1		-	-	-		26.04	07.05	13.05
№3/2	306	11	3,6		-	-	-		26.04	10.05	13.05
№13	180	4	2,2		-	-	-		26.04	09.09	13.05
№8/20	-	-	-		1098	13	1,2		25.04	6.05	25.05
№15161019	-	-	-		648	6	0,9		26.04	7.05	21.05
№171816418-1	-	-	-		360	9	2,5		27.04	8.05	21.05
№171816418-2	-	-	-		756	5	0,7		25.04	8.05	21.05
№171816418-3	-	-	-		810	0	0		27.04	9.05	21.05
№1963618	-	-	-		900	0	0		26.04	9.05	25.05
№181613-1	-	-	-		1674	1	0,06		25.04	6.05	25.05
№181613-2	-	-	-		1242	0	0		26.04	10.05	25.05
№181613-5	-	-	-		720	1	0,14		24.04	5.05	25.05
№182018122	-	-	-		2628	13	0,05		25.04	5.05	27.05
Всего	7236	456	6,3		11448	52	0,45				

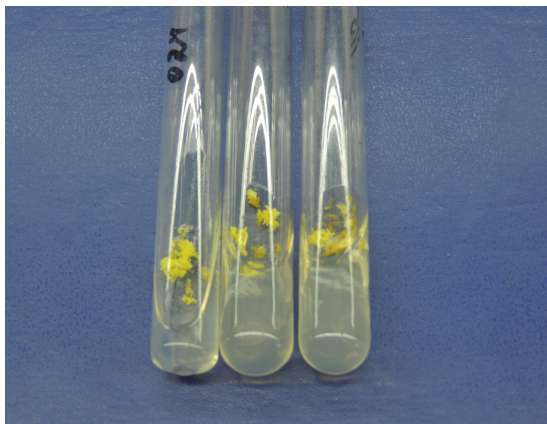


Рисунок 2 – Массовый эмбриондогенез после холодной предобработки донорных растений у образца №1/20

Литература

1. Абадовская, Т.В. Особенности андрогенеза *in vitro* в процессе создания дигаплоидных линий рапса: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.15 / Т.В. Абадовская ; Ин-т генетики и цитологии. – Минск, 1994. – 18 с.
2. Анапияев, Б.Б. Гаплоидная биотехнология в ускоренной селекции *Triticum aestivum* L. / Б.Б. Анапияев, К.И. Исакова // Биотехнологические приемы в сохранении биоразнообразия и селекции растений: матер. Межд. науч.конф. 18–20 августа 2014 г., Минск. – Минск: ГНУ «Центральный ботанический сад Академии наук Беларуси», 2014. – С. 20-22.
3. Башабаева, Б.М. Культура изолированных микроспор в создании генетически однородных и стабильных дигаплоидных генотипов ячменя / Б.М. Башабаева [и др.] // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2013. – №1. – С. 24-27.
4. Беккужина, С.С. Селекция пшеницы на устойчивость к грибному патогену *Septoria nodorum* Berk. в культуре изолированных пыльников / С.С. Беккужина, Е.А. Калашникова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – №4. – С. 6-8.
5. Белинская, Е.В. Эффективность получения андрогенных гаплоидов ячменя в зависимости от способа регенерации растений, состава питательной среды и плотности инокуляции пыльников / Е.В. Белинская // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т.15, №3 (5). – С. 1571-1574.
6. Бобков, С.В. Эмбриондогенез в культуре изолированных пыльников проса / С.В. Бобков // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры», №1 (5) – 2013. С.3-9.
7. Бобков, С.В. Эмбриониды и растения-регенеранты в культуре изолированных пыльников гороха (*Pisum sativum* L.) / С.В. Бобков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №4. – С. 74-82.
8. Бобков, С.В. Использование питательной среды N6 в культуре *in vitro* изолированных пыльников гороха / С.В. Бобков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – №4. – С. 26-30.
9. Бобков, С.В. Репрограммирование изолированных микроспор гороха на эмбриогенный путь развития / С.В. Бобков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №3. – С. 5-10.

10. Волков, Д.В. Получение дигаплоидных растений рапса из перспективных гибридных комбинаций методом андрогенеза / Д.В Волков [и др.] // Земледелие, агрохимия, кормопроизводство, агроэкология, лесное хозяйство. – 2013. – С. 83-90.
11. Давоян, Э.И. Оптимизация условий культивирования изолированных пыльников риса / Э.И. Давоян, Е.Г. Кучменко, Г.А. Сингильдин // Сельскохозяйственная биология. – 1988. – №4. – С. 59-61.
12. Дьячук, Т.И. Цитологическое подтверждение спорофитного развития микроспор в культуре пыльников тритикале без холодового воздействия / Т.И. Дьячук [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – №5. – С. 61-65.
13. Ержибаева, Р.С. Скрининг образцов тритикале в культуре пыльников in vitro / Р.С. Ержибаева [и др.] // Генофонд и селекция растений: матер. IV Межд. науч.-практ. конф. (4–6 апреля 2018 г., Новосибирск, Россия). – Новосибирск: ИЦИГ СО РАН, 2018. – С.110-114.
14. Илюшко, М.В. Сравнительный анализ питательных сред для регенерации растений риса из каллуса в культуре пыльников in vitro / М.В. Илюшко // Известия ТСХА. – 2017. – Вып. 2. – С. 126-130.
15. Сельдимирова, О.А. Оценка коллекции генотипов яровой мягкой пшеницы по отзывчивости изолированных пыльников в условиях культуры in vitro / О.А. Сельдимирова, Н.Н. Круглова, В.И. Никонов // Биология, биохимия и генетика. Известия Уфимского научного центра РАН. – 2011. – №2. – С. 22-25.
16. Пиллюк, Я.Э. Использование культуры пыльников in vitro в селекции ярового рапса / Я.Э. Пиллюк, Т.В. Абадовская, В.В. Морозова // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Изд. С. – Минск, 2003. – Вып. 39. – С. 249-256.
17. Шапекова, М.Х. Получение удвоенных гаплоидов ярового рапса с ценными признаками / М.Х. Шапекова [и др.] // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Серия биологическая и медицинская. – 2015. – №3. – С. 5-10.
18. Amitava Roy and P.K. Saha Isolation of low erucic acid-containing genotype of Indian mustard (*Brassica juncea* Czern. And Coss.) through F1 hybrid anther culture // African Journal of Biotechnology Vol. 5 (22), 2006, pp. 2092-2096.
19. Szarejko, I. Anther culture for doubled haploid production in barley (*Hordeum vulgare* L.) // Doubled haploid production in crop plants / Ed. M. Maluszynski, K.J. Kasha, B.P. Forster, I. Szarejko. Dordrecht: Kluwer academic publishers, 2003. – P. 35-42.

STUDY OF EMBRYOGENIC CAPACITY OF DIFFERENT GENOTYPES OF WINTER RAPE IN IN VITRO CULTURE

E.N. Kulinkovich, Ya.E. Piliuk, N.L. Ermolenko, I.N. Sinitsa, N.N. Bobko, E.F. Barchevskaya

Embryogenic capacity of winter rape samples of different origin is studied. Variety specificity for the given trait is determined and the most promising varieties are identified. It's established that cold pretreatment of donor plants and a type of inflorescence, from which explants are extracted, have the greatest effect on the increase of embryoid output. Cold pretreatment of selected donor buds increases embryoid output, however it is less effective than cold pretreatment of donor plants. It's identified that the optimal period for selection of donor material is 12-20 days from the beginning of winter rape budding.

**СОЗДАНИЕ НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОГО РАПСА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЖВИДОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ,
МУТАГЕНЕЗА И КУЛЬТУРЫ *IN VITRO***

**Я.Э. Пилюк, Е.Н. Куликович, канд. с.-х. наук, С.Ю., Храмченко,
И.Н. Синеца, О.Н. Авхимович, научные сотрудники**

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 30.03.2021)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по созданию нового исходного материала для селекции озимого рапса с использованием межвидовой гибридизации, мутагенеза и культуры *in vitro*. Установлено, что межвидовые гибриды рапса имеют меньшую эмбриогенную и регенерационную способность, чем внутривидовые формы этой культуры, однако с использованием культуры *in vitro* можно ускорить на 3-4 года или на 30-33 % создание нового исходного материала для селекции сортов и гибридов озимого рапса. Показано, что среди основных факторов повышения эффективности метода андрогаминогенеза *in vitro* рапса большое значение имеет генотипическая специфичность исходного материала, наличие в пыльниках пыльцы в стадии одноядерных или двухъядерных микроспор, а также сроки отбора и способы предобработки донорного материала.

Основой любой селекционной программы является расширение диапазона генетической изменчивости с целью отбора желаемых признаков для создания сортов сельскохозяйственных культур. В селекции рапса активно используются такие методы, как беккроссы, рекуррентный отбор, инбридинг, получение ди-гаплоидов методом культуры пыльников и микроспор и др. [3, 9]. Немаловажную роль в селекции рапса играет отдаленная гибридизация, так как перенос ценных генов из других видов и родов *Brassicaceae* расширяет его генетический потенциал, который еще не велик. Этот метод широко применяют в Канаде, Германии, США и др. странах. Для этих целей рапс скрещивают с различными видами капусты, сурепицей, горчицей черной и сарептской и другими видами рода *Brassica* [1, 12]. При проведении отдаленной гибридизации селекционеру постоянно приходится сталкиваться с тремя основными проблемами: нескрещиваемость генетически отдаленных видов, несовместимость гибридных семян, бесплодие полученных гибридов. Для преодоления нескрещиваемости подобранных пар видов для гибридизации рода *Brassica* в селекционной практике используются мичуринские методы смеси пыльцы, метод посредника, реципрокных скрещиваний, нанесения биостимуляторов на рыльце пестика и др. Однако лишь ограниченное число межвидовых и межродовых скрещиваний в

семействе *Brassicaceae* может привести к получению полноценных гибридных растений [5]. Использование методов клеточной и тканевой биотехнологии в селекции облегчает и ускоряет традиционный селекционный процесс создания новых форм и сортов растений. Широкое применение в сельскохозяйственной биотехнологии нашел метод индуцирования гаплоидии в культуре репродуктивных органов. Главными преимуществами метода являются быстрое достижение гомозиготности у линий и возможность отбора рекомбинантных генотипов (несущих желаемые признаки) на ранних этапах селекционного процесса [10]. Впервые гаплоидные растения и каллус из культивируемых *in vitro* пыльников рода *Brassica* были получены и описаны для *Brassica oleracea*. Позже появилась информация о проведении аналогичных работ с *B. campestris*, *B. napus*, *B. nigra*, *B. juncea* и многих других видов *Brassica* [4].

Значение отдаленной гибридизации в создании нового исходного материала рапса особенно велико на современном этапе селекционной работы (изменение климата, расширение зон возделывания, значительный рост посевных площадей), когда для селекционеров по этой культуре требуется более разнообразный и гомозиготный исходный материал с целью ускорения селекционного процесса на 3-4 года.

Целью наших исследований являлось создание нового исходного материала для селекции озимого рапса с использованием межвидовой гибридизации, мутагенеза и культуры *in vitro*.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в 2017-2019 гг. на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области и в фитотронно-тепличном комплексе (ФТК). Технология возделывания озимого рапса на маслосемена – общепринятая для данной зоны [8]. Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые и лабораторные учеты и структурный анализ растений проводили согласно методике Государственного испытания [6], методике ВИР [7] и методике полевого опыта Б.А. Доспехова [2].

Объектом исследований служили сорта, сортообразцы, линии, гибриды озимого рапса и элементарные виды рода *Brassica* (капуста: пекинская, китайская, кормовая; озимая и яровая сурепица, горчица черная и сарептская и др.), различающиеся по качеству, устойчивости к болезням, зимостойкости, длине вегетационного периода и т.п. Гибридизацию проводили по общепринятой для рапса методике [11]. Для гистологических исследований пыльники отбирались поочередно во время трех фаз бутонизации: а) с очень маленьким бутонем – до 2 мм; б) бутон средний – 3-4 мм; в) только что распускающийся бутон. Для отбора пыльников донорные растения выращивали в камере искусственного климата при 16-часовом фотопериоде при температуре +10 °C день/ +5 °C ночь.

Для использования в культуре пыльников *in vitro* рапса отбор бутонов проводили на ранней одноядерной стадии развития микроспор, как наиболее оптимальной. Изолированные бутоны подвергали воздействию холодной предобработки при +2...+4 °C, а также индуцирующих фитогормонов. Пыльники пассивировали на питательную среду Келлера-Армстронга с различными модифика-

циями. Культивирование пыльников проводили в термостате при отсутствии освещения при температуре +35 °С (2-3 дня), а затем при +25 °С (3-4 недели) до появления эмбриоидов. Эмбриоиды пересаживали на модифицированную среду Мурасиге-Скуга для регенерации. Гаплоидные регенеранты в фазе 2-3 листьев подвергали дигаплоидизации путем воздействия водным раствором колхицина на корневую систему с последующим промыванием проточной водой. Дигаплоидные растения высаживали в искусственную почву для доращивания и далее – в теплицу или поле.

Для повышения количества рекомбинантов с новыми комбинациями признаков проводилась обработка межвидовых гибридов раствором для сенсibilизации с последующим облучением в УФ установке. Для этого проводили частичное погружение зародышей полученных межвидовых гибридов на стадии 2-3-х листочков в сенсibilизирующий раствор на 24 часа. В состав раствора входил аминоурацил, стрептоцид, фолиевая кислота, хлорамфеникол, ДМСО и 5-бромурацил. После обработки раствором растения промывали в проточной воде и затем облучали на установке для УФ. Режим облучения на УФ-установке заключался в трех этапах жесткого облучения по 20 минут с перерывами в 30 мин. Общее время облучения составляло 8-10 часов. После мутагенной обработки проростки высаживали в искусственную почву для акклиматизации. Акклиматизация проводилась в течение 1 месяца, затем выжившие растения высаживали в сосуды в ФТК. В процессе обработки и акклиматизации наблюдалась гибель растений на всех этапах эксперимента.

Метеорологические условия в период исследований отличались от средне-многолетних показателей, особенно по количеству атмосферных осадков, но в целом складывались благоприятно для роста и развития крестоцветных культур.

Результаты исследований и их обсуждение. Отдаленная гибридизация видов рода *Brassica* с применением биотехнологических методов (культуры органов и тканей) является одним из важнейших подходов в создании нового исходного материала, а также сортов и гибридов рапса с новыми признаками.

Для изучения на какой стадии развития находятся пыльцевые зерна у озимого рапса в зависимости от размеров бутона и для выявления стадии одноядерных микроспор были проведены гистологические исследования пыльников. На рисунке 1 представлены разрезы пыльников сорта озимого рапса *Оникс* в период, когда длина бутонов находилась в состоянии до 2 мм (а), при размере 3-4 мм (б) и в период начала их раскрытия (в).

Из представленных данных видно, что пыльники в бутонах до 2 мм в длину (а) слабо развиты и не полностью дифференцированы, пыльцевые зерна в этот период еще не сформировались до типичных размеров. На стадии развития бутонов 3-4 мм (б) уже произошла дифференциация тканей пыльника и содержимого пыльцевого мешка. Пыльцевые зерна находились на стадии одно- или двухядерных микроспор. Начало этого периода наиболее благоприятно для отбора пыльников и микроспор, а окончание для кастрации цветков рапса. На третьем снимке видно (в), что при распускании бутонов пыльца уже зрелая, но

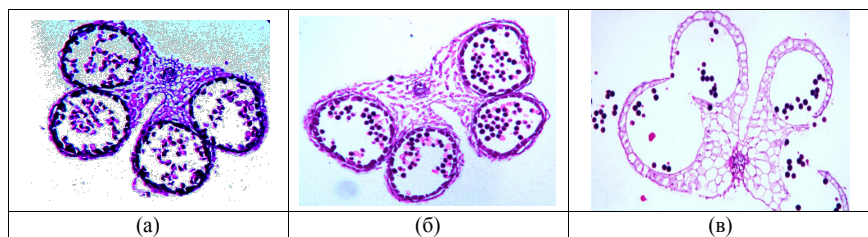


Рисунок 1 - Разрезы пыльников сорта озимого рапса (при 100 кратном увеличении) при длине бутонов: (а) - до 2 мм, (б) – 3-4 мм, (в) – в период его раскрытия

характеризуется низкой эмбриогенной и регенерационной способностью. Этот период не приемлем для гибридизации рапса, в силу того, что пыльники, раскрывая бутон, как правило, лопаются, и в этот момент происходит опыление пестика своего цветка, т.е. самоопыление (рисунок 1в).

С целью стимулирования роста эмбриоидов из незрелых пыльцевых зерен, находящихся внутри пыльников, в питательную среду добавлялись ауксины и цитокинины в различных концентрациях. В качестве донорного материала для извлечения эксплантов использовали 15 образцов озимого рапса. В каждую пробирку было высажено по 18 пыльников, полученных из 3 бутонов. Общее количество высаженных пыльников составило 10512 штук, эксплантированных в 584 пробирках (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты эксплантирования пыльников межвидовых гибридов озимого рапса на искусственные питательные среды при оптимальных размерах бутонов

Образец	Количество эксплантированных пыльников, шт.	Количество полученных эмбриоидов, шт.	Выход эмбриоидов, %
C ₁₉ № 90 16/15 _т – 32у	468	7	1,4
C ₇ № 14 95/11 – 1р-М	702	10	1,4
C ₁₉ № 53 16/15 _т – 23у	1422	49	3,5
C ₂₂ № 62 16/15 _т – 38у	1224	47	3,8
C ₁₂ № 25 16/15 _т – 2у	666	6	0,9
C ₃ № 6 221/17 (1+2)	648	8	1,2
C ₂₁ № 58 16/15 _т – 43у	1188	45	3,8
C ₃ № 6 221/17 (1+2)	720	22	3,1
C ₂₅ № 72 35/18	450	15	3,3
C ₂₂ № 72 35/18	198	3	1,5
C ₆ № 12 Кр/Пр-1р-М	864	29	3,4
C ₇ № 14 95/11 – 1р-М	756	25	3,3
C ₁₉ № 50 16/15 _т – 32у	540	11	2,0
C ₁₂ № 25 16/15 _т – 2у	450	15	3,3
C ₁₉ № 50 16/15 _т – 32у	306	2	0,7
Итого	10602	294	2,8

В нашем опыте максимальное количество незрелых пыльников было выделено у образцов C_{19} № 53 16/15_m – 23у; C_{22} № 62 16/15_m – 38у; C_{21} № 58 16/15_m – 43у (таблица 1).

Выход эмбриоидов наблюдался у всех изученных образцов, однако он был невысоким. Максимальные значения по данному показателю отмечены у C_{21} № 58 16/15_m – 43у (3,8%), C_{22} № 62 16/15_m – 38у (3,8%) и C_{19} № 53 16/15_m – 23у (3,5 %), т.е. у образцов с максимальным выходом эксплантированных пыльников.

Получение гаплоидов в культуре *in vitro* требует абсолютной асептики, что сопряжено с рядом трудностей при использовании этого метода. В таблице 2 и на рисунке 2 представлены результаты изучения эмбриогенной и регенерационной способности пыльников у различных по происхождению образцов озимого рапса.

Таблица 2 – Результаты изучения эмбриогенной и регенерационной способности пыльников у различных образцов озимого рапса

№ образца	Количество использованных цветков, шт.	Количество высаженных пыльников, шт.	Количество полученных эмбриоидов, шт.	Выход эмбриоидов, %	Выход регенерантов, шт.	Уровень регенерации, %
1	57	342	2	0,58	-	-
2	42	252	-	-	-	-
3	63	378	-	-	-	-
4	99	594	1	0,17	1	100
5	153	918	75	8,17	13	17,3
6	168	1008	82	8,13	19	23,2
7	132	792	5	0,63	-	-
8	231	1386	-	-	-	-
9	126	756	-	-	-	-
10	84	504	5	0,99	2	40
11	168	1008	239	23,7	54	22,6

Самый высокий процент полученных эмбриоидов отмечен у образца №11 – 23,7%. Неплохими показателями данного признака характеризовались образцы № №5, 6 – 8,17 и 8,13 % соответственно. У образцов №2, №3, №8 и №9 эмбриоиды полностью отсутствовали. Что касается такого показателя, как процент регенерации полноценных растений из эмбриоидов, то он изменялся от 17,3 % у №5 до 100 % у №4, при высоком уровне дигаплоидизации от 15 до 50 %.

Результаты изучения эмбриогенной и регенерационной способности пыльников у различных межвидовых гибридов озимого рапса представлены в таблице 3. Из приведенных данных видно, что эмбриогенная способность полученных межвидовых гибридов значительно ниже, чем у исходных образцов озимого рапса. Отмечено, что у озимых форм межвидовых гибридов максимальный выход эмбриоидов и дигаплоидов был у образцов №72 и №Z6.

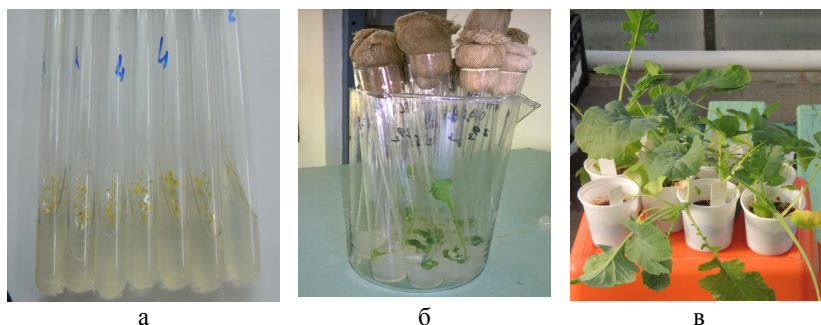


Рисунок 2 – Получение рапса с использованием культуры пыльников *in vitro*: а) посадка пыльников гибридов рапса на искусственную питательную среду Келлера-Армстронга для инициации эмбриогенеза; б) регенеранты растений гибридов рапса на питательной модифицированной среде Мурасиге-Скуга; в) дигамблотиные растений гибридов рапса полученные в культуре пыльников *in vitro*.

Таблица 3 – Изучение эмбриогенной и регенерационной способности пыльников у межвидовых гибридов озимого рапса

Межвидовой гибрид	Количество высаженных пыльников, шт.	Количество полу- ченных эмбрио- идов		Количество полу- ченных регенера- нтов		Количество полу- ченных дигамблоти- дов	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%
№N69	66	-	-	-	-	-	-
№N61	84	1	1,2	-	-	-	-
№N72	138	3	2,2	2	66,7	2	100
№M17	60	-	-	-	-	-	-
№Z10	12	-	-	-	-	-	-
№Z5	84	3	3,6	3	100	1	33,3
№Z9	36	-	-	-	-	-	-
№Z6	36	1	2,8	1	100	1	100
№Z12	36	-	-	-	-	-	-

Таким образом, среди основных факторов повышения эффективности метода андрогенеза *in vitro* рапса большое значение имеет генотипическая специфичность исходного материала, наличие в пыльниках пыльцы в стадии одноядерных или двухъядерных микроспор, сроки отбора и способы предобработки донорного материала. Использование культуры *in vitro* позволило сократить сроки создания генетически разнообразного и одновременно константного исходного материала для селекции сортов и гибридов озимого рапса и получить 37 образцов и свыше 150 мутарекомбинантов. Гомозиготные линии будут использованы для создания новых сортов и гетерозисных гибридов F₁ озимого рапса с улучшенными морфологическими и селекционно-ценными признаками.

Образцы озимого рапса, их внутривидовые и межвидовые гибриды с элементарными видами рода *Brassica* (капусты: пекинская, китайская, кормовая, озимая и яровая сурепица, горчица сарептская и др.), высевались в условиях ФТК. По мере наступления соответствующих фаз развития растения проходили яровизацию, межвидовую гибридизацию и по многим из них получено семенное потомство. Фенологические наблюдения за опытными растениями и учеты в условиях фитотрона показали, что отдаленные гибриды крестоцветных культур отличались от традиционных сортов и гибридов по окраске растений, интенсивности воскового налета, гофрированности, зазубренности, форме листьев и другим морфологическим признакам (рисунок 3).



Рисунок 3 – Размножение образцов озимого рапса, созданных методом отдаленной гибридизации (озимый рапс × пекинская капуста) в ФТК

С использованием культуры *in vitro* получены скороспелые сортообразцы озимого рапса, созданные по комбинациям: озимый рапс × (яровой рапс × пекинская капуста) – (№16/15т); озимый рапс × озимая сурепица – (№44/15т и №7/15т) и др., которые обладают новыми утилитарными признаками, а образец №16/15т отличается скороспелостью, урожайностью, качеством, повышенной устойчивостью к болезням листьев, стеблей и стручков (рисунок 4).



Рисунок 4 – Скороспелый сортообразец озимого рапса (№16/15т), созданный по комбинации озимый рапс × (яровой рапс × пекинская капуста) и размножение его линий, обработанных на УФО установке

Семена образца озимого рапса №16/15т были подвержены ультрафиолетовому облучению на УФО установке, рассада выращивалась в условиях ФТК с последующей высадкой в поле для дальнейшего использования в селекционном процессе. Образцы существенно отличались между собой по продолжительности фенологических фаз развития, высоте растений, семенной продуктивности, устойчивости к болезням (рисунок 4).

Выводы

1. Бутоны озимого рапса менее 2 мм не пригодны для культуры пыльников *in vitro*, оптимальным размером, наиболее благоприятным для отбора пыльников и микроспор, будет 3-3,5 мм, а размеры бутонов 3,5-4 мм оптимальны для кастрации цветков рапса. Стадия распускания бутонов («желтый бутон») не годится для отбора пыльников и микроспор, а также кастрации цветков рапса, в этот период происходит опыление пестика своего цветка, т.е. самоопыление.

2. Межвидовые гибриды рапса имеют меньшую эмбриогенную и регенерационную способность, чем исходные формы этой культуры, однако с использованием культуры *in vitro* можно ускорить на 3-4 года или на 30-33 % создание нового исходного материала для селекции сортов и гибридов озимого рапса.

3. С использованием методов межвидовой гибридизации, мутарекомбиногенеза и культуры *in vitro* созданы межвидовые гибриды F₁ озимого рапса, получены регенеранты, растения и семенной материал рапса, отличающийся скороспелостью, низкорослостью, устойчивостью к болезням и другими селекционно-ценными признаками.

Литература

1. Бархатенкова, Л.А. Генетические ресурсы и эффективные методы создания нового селекционного материала сельскохозяйственных растений / Л.А. Бархатенкова. – Новосибирск, 1994. – 105 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов /. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Карпачев, В.В. Рапс яровой / В.В. Карпачев // Основы селекции: моногр. / Всерос. науч.-исслед. и проектно-технол. ин-т рапса. – Липецк, 2008. – С. 53-60.
4. Котлярова, Е.Б. Аспекты применения методов биотехнологии в селекции ярового рапса (*Brassica napus* L.): дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05. – Липецк, 2007. – 128 с.
5. Котлярова, Е.Б. Применение методов *in vitro* для получения межвидовых и межродовых гибридов растений семейства *Brassicaceae* (Обзор) / Е.Б. Котлярова, Е.Н. Жидкова, О.А. Подвигина // Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2007. – № 2. – С. 64-70.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина. – М., 1988. – 121 с.
7. Методические указаниями по изучению мировой коллекции масличных культур / ВИР – СПб., 1976. – 23 с.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сборник отраслевых регламентов / Национальная академия наук Беларуси, Научно-

практический центр НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 380-396.

9. Пилук, Я.Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пилук – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 239 с.

10. Рахимбаев, И.Р. Экспериментальная гаплоидия в культуре пыльников и микроспор зерновых злаков (обзор) / И.Р. Рахимбаев, Ш. Тивари, Б.Р. Кударов // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 3. – С. 44-55.

11. Руководство по селекции и семеноводству масличных культур. – М., Колос, 1986. – 204 с.

12. Howell, P.M. Towards developing intervarietal substitution lines in Brassica napus using marker-assisted selection / P.M. Howell [et al.]. – Genome. –1996. – Vol. 39. – P.348-358.

CREATION OF THE NEW INITIAL MATERIAL OF WINTER RAPE WITH THE USE OF INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION, MUTAGENESIS AND IN VITRO CULTURE
Ya.E. Piliuk, E.N. Kulinkovich, S.Yu. Khramchenko, I.N. Sinitsa, O.N. Avhimovich

The paper presents the results of the research on the creation of the new initial material for winter rape breeding with the use of interspecific hybridization, mutagenesis and in vitro culture. It's established that interspecific hybrids of rape have a lower embryogenic and regenerative ability than intraspecific forms of this crop, but with the use of in vitro culture the creation of the new initial material for breeding of winter rape varieties and hybrids can be sped up by 3-4 years or 30-33 %. It is shown that genotypic specificity of the initial material, pollen in anthers at the stage of mononuclear and double nuclear microspores as well as selection dates and ways of pre-treatment of the donor material are of great importance among the key factors of increasing the efficiency of in vitro androgenesis in rape.

УДК 633.853.494 «324»:631[527.5:524.8]

**ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА И НАСЛЕДОВАНИЕ
ОСНОВНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ГИБРИДАМИ F₁
ОЗИМОГО РАПСА**

Н.Н. Бобко, Я.Э. Пилук, кандидат с.-х. наук

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 02.04.2021)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В условиях полевого опыта изучены степень и характер проявления гетерозиса у гибридов F₁ озимого рапса, полученных от скрещивания инбредных линий отечественной селекции. Определен эффект гетерозиса и степень фенотипического доминирования следующих количественных признаков: высоты растения, высоты первого бокового ветвления, длины центральной кисти, числа ветвей первого порядка, числа стручков на центральной кисти, числа семян в стручке, всего стручков на растении, крупности семян, продуктивности одного растения, отобраны перспективные рекомбинанты. Полученные гибридные комбинации и лучшие источники хозяйственно-ценных признаков будут использованы в селекционной работе.

Рапс является одной из важнейших и наиболее востребованных масличных культур в мире. Один из путей повышения урожайности маслосемян рапса связан с использованием эффекта гетерозиса, что является важным резервом увеличения производства маслосемян и весьма перспективным направлением в селекции этой культуры. Рекомбиогенез – основной метод создания нового селекционного материала, оригинальных форм и признаков, а в сочетании с отбором и новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур. Наиболее часто используемым методом оценки селекционного материала, дающим более полную генетическую информацию, является диаллельный анализ, с помощью которого можно прогнозировать эффективность селекции на основе коэффициентов наследственности [1, 2].

Успех селекционной работы при использовании межсортовых рекомбинаций зависит от правильного выбора родительских пар [3, 4]. При гибридизации лишь определенные пары родительских форм дают гетерозисное потомство [5]. Для успешного подбора родительских пар для скрещиваний необходимо обладать достаточной информацией о характере генетической изменчивости и типах наследования признаков у имеющегося материала [6]. В то же время комбинационная изменчивость в гибридных поколениях приводит к существенному увеличению объема экспериментального материала, что осложняет работу селекционера и ставит под угрозу вычленение искомым трансгрессий и новых рекомбинаций. Среди огромного разнообразия необходимо отбирать наиболее ценные формы. Для эффективного использования гибридов следует выявить закономерности генетического контроля и формирования у гибридов важнейших хозяйственно-биологических признаков. Ценность любого компонента, используемого в скрещиваниях, зависит не только от степени проявления у него комплекса позитивных признаков, но и от его способности давать при гибридизации потомство с показателями лучшими, чем у родителей и контроля, то есть проявлять гетерозисный эффект [7]. Эффект гетерозиса у рапса отмечен многими авторами. В опытных посевах он может достигать у ярового рапса 20-30 %, у озимого 30-40 % [8, 9].

Методика проведения исследований. Исследования проводили в отделе масличных культур на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2012-2014 гг. В качестве исходного материала для исследований использовали 5 инбредных линий и все 20 возможных гибридных комбинации от скрещивания различающихся родительских форм озимого рапса по диаллельной схеме 5×5. Образцы изучали в опытах в трехкратной повторности по схеме рандомизированных блоков.

Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые учеты и структурный анализ снопов проводили согласно методике Государственного испытания [10], методике полевого опыта Б.А. Доспехова [11] и методическим указаниям по изучению мировой коллекции масличных культур [12]. При анализе гибридов степень доминирования определяли по формуле, разработанной Beil и Atkins [13], коэффициент гетерозиса – по формулам Д.С. Омарова [14].

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенного анализа гибридов F_1 озимого рапса установлено, что гетерозисный эффект в различной степени проявился по всем хозяйственно-ценным признакам (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Гетерозис (Γ) у гибридов озимого рапса F_1 по морфологическим признакам, %

Комбинация	Высота растения		Высота ветвления		Длина центральной кисти		Число ветвей 1-го порядка	
	$\Gamma_{(ист.)}$	$\Gamma_{(конк.)}$	$\Gamma_{(ист.)}$	$\Gamma_{(конк.)}$	$\Gamma_{(ист.)}$	$\Gamma_{(конк.)}$	$\Gamma_{(ист.)}$	$\Gamma_{(конк.)}$
A-08 x A-Л	18,7	9,9	33,5	38,8	6,5	0,6	0,0	-6,8
A-08 x Л-02	8,4	7,8	27,6	26,3	-8,4	-9,1	0,0	-3,4
A-08 x Д-05	4,4	-0,8	43,4	37,0	-8,2	-21,1	1,8	-5,1
A-08 x И-09	-1,4	-2,6	-4,2	17,9	-12,3	-14,3	5,5	-1,7
Л-02 x И-09	13,1	12,5	46,6	80,4	-24,6	-25,2	5,3	1,7
Л-02 x Д-05	10,8	10,3	19,1	17,9	-9,5	-10,2	35,1	30,5
Л-02 x A-Л	5,0	4,5	71,3	78,0	-22,6	-23,1	-21,1	-23,7
Л-02 x A-08	-0,6	-1,1	4,5	3,4	-39,4	-39,8	15,8	11,9
A-Л x Л-02	5,4	4,9	54,8	60,9	-8,6	-9,3	-21,1	-23,7
A-Л x A-08	11,9	3,6	48,9	47,3	14,5	8,1	-16,4	-22,0
A-Л x Д-05	5,8	0,6	3,1	7,1	11,4	5,2	4,1	-13,6
A-Л x И-09	4,6	3,2	14,5	40,9	-12,7	-14,6	-1,9	-10,2
Д-05 x A-Л	8,2	2,8	40,4	45,9	-15,1	-19,8	-4,1	-20,3
Д-05 x И-09	-9,1	-10,3	10,5	36,1	-19,1	-20,9	7,4	-1,7
Д-05 x Л-02	5,6	5,1	32,3	30,9	-25,2	-25,7	59,6	54,2
Д-05 x A-08	4,1	-1,1	11,2	6,3	-23,5	-34,3	-25,5	-30,5
И-09 x A-Л	8,2	6,8	31,1	61,3	-7,8	-9,8	-16,7	-23,3
И-09 x Л-02	-7,9	-8,3	-22,6	-4,8	-2,4	-3,1	-3,5	-6,8
И-09 x Д-05	4,8	3,5	-15,4	4,1	-8,5	-10,6	42,6	30,5
И-09 x A-08	-4,5	-5,7	-18,7	0,0	-0,8	-3,0	10,9	3,4

Низкорослые формы рапса наиболее устойчивы к полеганию и более технологичны [15, 16]. Соответственно, по признаку «**высота растения**» селекционерам очень важно выделить комбинации с отрицательным гетерозисом или наследованием высоты более низкорослого родителя. Гибриды F_1 , полученные в результате гибридизации, наследовали сторону более высокорослого родителя или имели промежуточную высоту растения. Истинный гетерозис отмечен у 75,0 % комбинаций. Самые высокие значения истинного гетерозиса были в комбинациях скрещивания озимого рапса A-08 x A-Л (18,7 %), Л-02 x И-09 (13,1 %). Положительный конкурсный гетерозис был отмечен у 65,0 % комбинаций. Наибольшее его значение отмечалось при скрещивании линий Л-02 x И-09 (12,5 %) и Л-02 x Д-05 (10,3 %). В комбинациях Д-05 x И-09 и И-09 x Л-02, у которых высота растений в первом поколении наследовалась по более короткостебельному родителю: $\Gamma_{(ист.)}$ -9,1 и -7,9 %, $\Gamma_{(конк.)}$ -10,3 и -8,3 %, соответственно. Снижение высоты растений у гибридов F_1 озимого рапса, проявилось при включении в схемы скрещивания в качестве материнской и отцовской форм

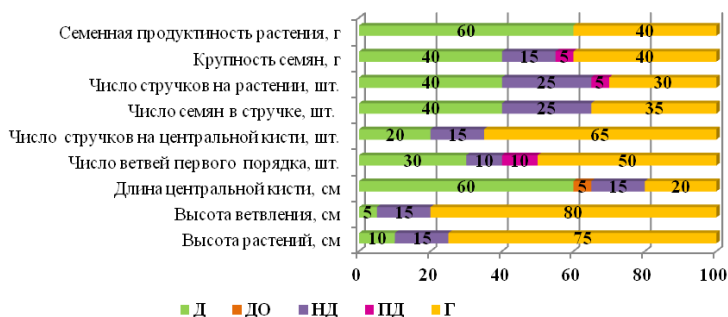
Таблица 2 – Гетерозис (Г) у гибридов озимого рапса F₁ по основным хозяйственно-ценным признакам, %

Комбинации	Число семян в стручке		Число стручков на центральной кисти		Всего стручков на растении		Масса 1000 семян		Продуктивность 1 растения	
	Г (ист.)	Г (конк.)	Г (ист.)	Г (конк.)	Г (ист.)	Г (конк.)	Г (ист.)	Г (конк.)	Г (ист.)	Г (конк.)
А-08 х А-Л	10,5	9,2	41,9	36,1	49,2	33,7	7,6	-1,2	53,8	39,8
А-08 х Л-02	-11,2	-8,8	-4,5	-5,4	-13,8	-15,5	-7,5	-9,4	-15,4	-23,1
А-08 х Д-05	8,9	7,7	-5,3	-9,1	-18,3	-24,0	-20,3	-12,9	-21,9	-29,0
А-08 х А-09	-13,2	-6,2	-16,2	-19,6	-13,8	-22,7	-4,6	-9,1	-21,9	-29,0
Л-02 х И-09	-15,3	-8,5	-4,7	-5,6	-18,4	-20,1	-5,5	-7,5	-16,6	-25,0
Л-02 х Д-05	4,9	7,7	5,3	4,3	23,3	20,8	-11,6	-13,5	-20,4	-28,4
Л-02 х А-Л	7,1	10,0	-21,4	-22,1	-47,4	-48,5	5,7	3,5	-42,3	-48,1
Л-02 х А-08	4,5	7,3	-26,9	-27,6	0,1	-1,9	-12,2	-14,0	39,4	26,7
А-Л х Л-02	-11,2	-8,8	12,7	11,7	-27,2	-28,7	0,3	-1,8	-11,6	-20,5
А-Л х А-08	-18,6	-19,7	28,3	23,1	-9,0	-18,4	13,4	4,1	-12,5	-20,5
А-Л х Д-05	10,2	3,8	30,5	13,8	-9,7	-16,0	0,3	9,6	2,0	-17,7
А-Л х И-09	-13,2	-6,2	0,9	-8,5	-0,7	-12,0	3,1	-1,8	-11,7	-27,3
Д-05 х А-Л	-18,9	-12,3	20,0	4,7	-35,3	-39,8	-14,4	-6,4	12,6	-9,2
Д-05 х И-09	-4,6	3,1	5,6	-4,3	4,4	-2,8	4,8	14,6	79,3	47,7
Д-05 х Л-02	-3,0	-0,4	5,3	4,3	20,4	17,9	-8,0	0,6	32,6	19,3
Д-05 х А-08	-1,6	-2,7	-8,5	-12,2	-35,7	-40,2	-10,2	-1,8	-12,5	-20,5
И-09 х А-Л	-18,9	-12,3	33,4	21,0	-18,3	-27,6	1,2	-3,5	-13,8	-29,0
И-09 х Л-02	-9,3	-1,9	4,1	3,1	-9,2	-11,1	-3,7	-5,7	-9,1	-18,2
И-09 х Д-05	-5,0	-2,7	13,3	2,7	17,2	9,0	-14,4	-6,4	58,6	30,7
И-09 х А-08	3,2	11,5	8,1	3,7	16,3	4,3	0,5	-4,2	2,5	-6,8

линии И-09. В наших опытах при генетическом контроле этого признака преобладало свёрхдоминирование (75,0 % комбинаций), неполное доминирование (15 %) и депрессия (10 % случаев).

По признаку «высота первого бокового ветвления» потомство от 80 % гибридных комбинаций проявило в первом поколении положительный истинный от 3,1 до 71,3 % и конкурсный (90 %) от 3,4 до 80,4 % гетерозис. Депрессия по высоте в первом поколении наблюдалась, в комбинации скрещивая И-09 × Л-02 Г_(ист.) – 22,6 %, Г_(конк.) -4,8 % соответственно. Положительная связь средней степени (r=0,54) установлена между признаками высота ветвления и высота растения, что представляет определенный интерес для селекции гибридов и сортов озимого рапса с низкой высотой ветвления. По этому признаку основным типом наследования является свёрхдоминирование высокого показателя (80 %), а также неполное доминирование (15 %) и депрессия (5 %). Депрессия наблюдалась в комбинации И-09 × Л-02, она представляет определенный интерес для селекции гибридов и сортов озимого рапса с низкой высотой ветвления.

По длине центральной кисти истинный и конкурсный гетерозис наблюдается у 15 % комбинаций. У 85 % комбинаций выявлен отрицательный истинный и конкурсный гетерозис или депрессия по данному признаку. С участием в



Примечание: Д – депрессия, ДО – доминирование отсутствует, НД – неполное доминирование, ПД – полное доминирование, Г – гетерозис, или сверхдоминирование

Рисунок 1 – Характер наследования признаков у гибридов озимого рапса первого поколения в 2012-2014 гг.

скрещивании линий *Л-02* и *Д-05* в качестве материнской и отцовской формы в F_1 почти во всех комбинациях был установлен отрицательный гетерозис длины центральной кисти растений. Наибольшая степень истинного и конкурсного гетерозиса отмечена в комбинациях $A-Л \times A-08$ и $A-Л \times Д-05$, где в качестве материнской формы использовалась линия *А-Л* (истинный гетерозис 14,5 % и 11,4 %, конкурсный 8,1 % и 5,2 % соответственно). С участием линии *А-Л* создано 2 высокогетерозисные комбинации. Преобладающим типом наследования этого признака у 60 % гибридов была депрессия, в 15 % – гетерозис, в 20 % гибридных комбинаций было промежуточное наследование признака и в 5 % случаев доминирование отсутствовало.

Анализ признака «семенная продуктивность растения» показал, что положительный истинный гетерозис установлен у 30 %, конкурсный у 25 % комбинаций. Наиболее высокие показатели гетерозиса получены при использовании линии *Д-05* в качестве материнской формы (47,7 % – конкурсный гетерозис), так и отцовской (79,3 % истинный гетерозис), что позволяет рекомендовать ее в качестве источника данного признака в селекционной работе. С участием этой линии получены три гибридные комбинации, которые в значительной степени превосходят по семенной продуктивности контрольный сорт *Лидер*. Установлено, что комбинация $Д-05 \times И-09$ имеет высокие показатели истинного и конкурсного гетерозиса по семенной продуктивности, при отрицательном гетерозисе по высоте растений, что является важным для селекционного процесса, так как часто снижение высоты растений сопровождается и снижением их продуктивности. Остальные линии проявили гетерозис низкой степени либо депрессию по данному признаку. Основным типом наследования признака «семенная продуктивность растения» являлось сверхдоминирование (у 60 % комбинаций депрессия), у 40 % положительное (гетерозис), поэтому отбор по нему будет более эффективен в поздних поколениях.

По признаку «число стручков на центральной кисти» частота проявления истинного положительного гетерозиса составила 65 %, в то время как отрицательного 35 %. Положительный истинный и конкурсный гетерозис выявлен практически во всех комбинациях с участием линий *А-Л*, *Д-05* и *И-09* при использовании ее в качестве материнской формы. Наиболее высокие показатели эффекта гетерозиса установлены в комбинации *А08* × *А-Л* (41,9 % истинный гетерозис), (36,1 % конкурсный гетерозис). При использовании линий *А-Л*, *И-09* и *Д-05* в качестве материнской и отцовской форм получено 15 гибридных комбинаций с положительным эффектом гетерозиса, что позволяет рекомендовать их как реальные источники данного признака в селекционной работе. Установлено, что наибольший удельный вес в F_1 по признаку «число стручков на центральной кисти» занимают комбинации со сверхдоминированием, которое наблюдалось у 65 % гибридных комбинаций и варьировало в интервале 1,9–22,1 %, в то время как депрессия проявилась в четырех гибридных комбинациях, в остальных гибридах (15 %) было промежуточное наследование признака.

По признаку «число ветвей первого порядка» положительный истинный гетерозис выявлен у 50 %, конкурсный лишь у 30 % комбинаций. Высокая степень истинного гетерозиса по этому признаку была получена в комбинациях *Д-05* × *Л-02* (59,6 %), *И-09* × *Д-05* (42,6 %), *Л-02* × *Д-05* (35,1 %), *Л-02* × *А08* (15,8 %), а конкурсного – 54,2 %, 30,5 %, 30,5 % и 11,9 % соответственно. При использовании линий *Л-02* и *Д-05* получено 6 комбинаций, которые существенно превышали контроль на 11,9–54,2 %. Положительный истинный и конкурсный гетерозис по числу стручков на растении был получен у 25 % комбинаций, который повышает продуктивность растений ($r=0,5$). По признаку «число ветвей первого порядка» у 50 % комбинаций установлено сверхдоминирование, у 30 % – депрессия, у 20 % полное и неполное доминирование.

Масса 1000 семян носит модификационный характер и в значительной степени зависит от погодных условий. 45 % изученных гибридов показали положительный гетерозис по крупности семян от 0,3 % до 13,4 % по сравнению с лучшим родителем. Наиболее высокие показатели конкурсного гетерозиса были получены у 20 % (3,5–14,6 %) гибридных комбинаций. Положительные показатели истинного и конкурсного гетерозиса выявлены в следующих комбинациях скрещиваний: *А-Л* × *А-08*, *Д-05* × *И-09*, *Л-02* × *А-Л*, *А-Л* × *Д-05*. Высокая степень истинного гетерозиса по этому признаку была получена в комбинациях: *А-Л* × *А-08* (13,4 %), конкурсного гетерозиса *Д-05* × *И-09* (14,6 %). С участием линии *А-Л* получены 3 комбинации с положительным эффектом истинного и конкурсного гетерозиса. По этому признаку в равных долях отмечено положительное сверхдоминирование (40 %), отрицательное у 15 %, полное доминирование у 5 % комбинаций.

По признаку «число семян в стручке» выявлено 7 с положительным истинным и конкурсным эффектами гетерозиса. Истинный гетерозис в анализируемых гибридных комбинациях изменялся в интервале от 3,2 до 10,5 %, а конкурсный от 3,1 до 11,5 %. Установлено, что наибольший эффект истинного и конкурсного гетерозиса по данному признаку проявился в следующих комби-

нациях скрещиваний: $A-08 \times A-Л$ и $Л-02 \times A-Л$ $\Gamma_{(ист.)}$ 10,5 и 7,1 %, $\Gamma_{(конк.)}$ 9,2 и 10,0 % соответственно. С участием линии $A-08$ в качестве отцовской и материнской форм получено 4 комбинации с положительным эффектом истинного и конкурсного гетерозиса. Характер наследования числа семян в стручке у гибридов F_1 изменялся от депрессии до сверхдоминирования. Наследование данного признака шло преимущественно по типу положительного сверхдоминирования – 35,0 % комбинаций, у 40,0 % комбинаций отмечена депрессия и у 25,0 % неполное доминирование признака лучшего родителя.

Истинный положительный гетерозис проявили 35 % комбинаций, а частота конкурсного составила 25 % по признаку «число стручков на растении», который положительно влияет на продуктивность растений ($r=0,7$). В наибольшей степени проявился эффект гетерозиса в комбинации скрещивания $A-08 \times A-Л$ (49,2 % истинный и 33,7 % конкурсный), также высокий его эффект был получен в прямых и обратных скрещиваниях линий $Л-02$ и $Д-05$ (23,3-20,4 % истинный и 20,8-17,9 % конкурсный). Высокие показатели истинного гетерозиса были в комбинациях $И-09 \times Д-05$ (17,2 %), $И-09 \times A-08$ (16,3 %). Следует отметить, что с участием линии $Д-05$ в качестве материнской и отцовской форм созданы 3 комбинации, превосходящие стандарт на 9,0-20,8 % по данному признаку, следовательно, она может быть рекомендована для включения в селекционную работу по улучшению признака «число стручков на растении». Анализ родительских форм по этому признаку показал, что у 40 % гибридов наблюдалась депрессия признака, данный показатель варьировал в интервале -22,1...-1,4 %, у 30 % комбинаций установлено проявление эффекта сверхдоминирования (H_p 2,8-28,4 %). Промежуточное наследование было у 25 %, полное доминирование у 5 % комбинаций.

Выводы

В результате изучения характера наследования основных хозяйственно-ценных признаков гибридами озимого рапса установлена различная степень фенотипического доминирования – от депрессии до гетерозиса, что позволяет проводить отбор ценных форм по комплексу селекционно-ценных признаков.

С высоким эффектом гетерозиса выделены гибридные комбинации $A-08 \times A-Л$, $A-Л \times Д-05$, $Д-05 \times И-09$, $Д-05 \times Л-02$, $Л-02 \times Д-05$, $A-Л \times A-08$, $И-09 \times Д-05$, $И-09 \times A-08$. Применение линии $Д-05$ улучшает продуктивные качества гибридных комбинаций, что позволяет рекомендовать ее использование в селекционной работе для создания высокоурожайных сортов и гибридов.

С целью создания устойчивых к полеганию сортов и гибридов озимого рапса следует использовать комбинацию $И-09 \times Л-02$ с низкой высотой растения и бокового ветвления.

Литература

1. Пиллюк, Я.Э. Рапс: результаты и перспективы селекции / Я. Э. Пиллюк // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 1(116). – С. 4-7.
2. Привалов, Ф.И. Рапс – основная масличная культура Республики Беларусь / Ф.И. Привалов, Я.Э. Пиллюк // Рапс: настоящее и будущее. К 30-летию возделывания рапса в Бела-

руси: матер. III Межд. научн.-практ. конф., Жодино, 15-16 сентября 2016 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – С. 119-123.

3. *Гужов, Ю.* Селекция и семеноводство культивируемых растений / Ю. Гужов, А. Фукс, П. Валичек. – М., 1999 – 536 с.

4. *Старчак, В.И.* Гетерозис у гибридов F_1 зернового сорго по площади флагового и наибольшего листа / В.И. Старчак // Наука и молодежь: фундаментальные и прикладные проблемы в области селекции и генетики сельскохозяйственных культур: матер. межд. шк.-конф. молодых ученых. – Черноград, 2017 – С. 120-125.

5. *Гужов, Ю.Л.* Генетика и селекция – сельскому хозяйству / Ю.Л. Гужов. – М.: Просвещение, 1984. – С. 207-209.

6. *Martin, St. S. K.* The application of quantitative genetics theory to plant breeding problems / S. K. St. Martin // Shibles R. (ed). Proceedings of the world soybean research conference III, 1984. – P. 311–317.

7. *Zhuchenko, A.A.* Izmenchivost' i nasledovanie priznakov / A.A. Zhuchenko // *Jekologicheskaja genetika kul'turnyhrastenij*. – Kishinev, Shtinica, 1980. – S. 133-201.

8. *Brandle J.E.* Geographical diversity, parental selection and heterosis in oilseed rape / J.E. Brandle, P.B.E. McVetty // *Canadian Journal of Plant Sciences*. – 1990. – Vol. 70. – P. 935-940.

9. *Гончаров, С.В.* Изменение сортимента рапса в России в результате конкуренции на рынке семян / С.В. Гончаров, Л.А. Горлова // Бюл. науч.-тех. информ. по масличным культурам. – Краснодар: ВНИИМК, 2018. – Вып. 1(173). – С. 36-41.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина. – М., 1988. – 121 с.

11. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

12. Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. Подсолнечник / [Сост. канд. биол. наук А. В. Анащенко]. – 1976. – 39 с.

13. *Beil, G. M.* Inheritance of quantitative characters in grain sorghum / G. M. Beil, R. E. Atkins // *Jowa J. Sci.* – 1965. – Vol. 39. – №3. – P. 345-348.

14. *Омаров, Д.С.* К методике учета и оценки гетерозиса у растений / Д.С. Омаров // *Сельскохозяйственная биология*. – 1975. – Т. 10. – № 1. – С. 123-127.

15. Рапс / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФАУин-форм, 1999. – 208 с.

16. *Paul, V.H.* Zum Einsatz von Wacstums-Regulatoren einer neuer Generation in Winterraps / V. H. Paul // *Raps*. – 1987. – Bd. 5, № 4. – S. 161-164.

MANIFESTATION OF HETEROTIC EFFECT AND INHERITANCE OF THE MAIN QUANTITATIVE TRAITS BY WINTER RAPE HYBRIDS F_1

N.N. Bobko, Ya.E. Piliuk

The degree and nature of heterosis manifestation of winter rape hybrids F_1 obtained due to crossing inbred lines of domestic breeding were studied under the conditions of a field experiment. Heterotic effect and degree of phenotypic dominance of the following quantitative traits were identified: plant height, height of the primary lateral branch, length of the central raceme, number of primary branches, number of pods on the central raceme, number of seeds per pod, total number of pods per plant, seed size, performance of one plant. Promising recombinants were selected. The obtained hybrid combinations and best sources of economically important traits will be used in breeding.

**АНАЛИЗ НАСЛЕДОВАНИЯ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ
КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫХ ГИБРИДОВ F_1 ЯРОВОГО РАПСА**

Я.Э. Пилюк, кандидат с.-х. наук, **А.Н. Павловская**, младший научный сотрудник, **О.А. Пикун**, **А.В. Бакановская**, научные сотрудники

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 23.03.2021)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. Представлены результаты двухлетних исследований по изучению гибридов F_1 ярового рапса, полученных от скрещивания короткостебельных и среднерослых сортов (линий) и образцов, различающихся по происхождению родительских форм. Показан характер наследования признака «высота растений», выявлена корреляционная зависимость, установлено проявление истинного и конкурсного гетерозиса по комбинациям скрещивания. Установлено, что признак «высота растений» гибридов F_1 ярового рапса имеет сильную корреляционную связь с высотой ветвления ($r=0,65$) и количеством ветвей первого порядка ($r=0,59$). При использовании в системных скрещиваниях низкорослых родительских форм различного эколого-географического происхождения выделены низкорослые линии, которые рекомендуется использовать в селекционном процессе для снижения высоты растений с целью повышения устойчивости сортов и гибридов ярового рапса к полеганию.

В настоящее время яровой рапс в структуре посевных площадей масличных культур занимает 10-15 %, а в годы с неблагоприятной перезимовкой озимого рапса – до 40 %, являясь основной страховой культурой масложировой отрасли Беларуси. В семенах рапса содержится 40-50 % масла и 20-28 % кормового белка [1]. Решение задачи обеспечения перерабатывающей промышленности сырьем, населения пищевым растительным маслом, а животноводства кормовым белком стало возможным благодаря созданию и внедрению в производство отечественных высокоурожайных сортов рапса [2]. Селекция на преодоление полегаемости сортов путем создания низкорослых форм остается актуальной проблемой для ярового рапса. Как указывал Н.И. Вавилов [3], успех селекционной работы во многом определяется наличием разнообразного исходного материала и, что особенно ценно, полнотой информации о нем. По мнению В.Ф. Дорофеева, «современная генетика открывает новые возможности для успешного осуществления селекции на сочетание комплекса хозяйственно-ценных признаков. Для успешной селекции сортов необходимо создание новых источников, сочетающих короткостебельность с высокой продуктивностью, устойчивостью к болезням, скороспелостью» [4]. Наибольшей экономической эффективностью обладают сорта с высоким потенциалом биологической про-

дуктивности. Такие сорта обычно формируют большую вегетативную массу, что может привести к полеганию в посевах уже в период цветения – налива семян, вызвать определенные трудности при уборке рапса, увеличить потери маслосемян и снизить рентабельность. Поэтому целесообразно постоянно вести селекционную работу по созданию устойчивых к полеганию и осыпанию сортов рапса. У высокорослых и низкорослых сортов есть свои преимущества и недостатки. Так, высокорослые сорта обычно являются более продуктивными, но они часто более позднеспелые. Низкорослые созревают раньше, меньше полегают и более пригодны для проведения технологических операций по защите посевов от вредителей и болезней, внесения микроэлементов, а также препаратов предуборочной обработки [5, 6].

По мнению Н. В. Тупицына [7], появление низкостебельных семей и линий во втором и последующих поколениях в значительной степени зависит от материнской формы: чем короче у нее стебель и больше устойчивость к полеганию, тем более низкостебельное и устойчивое к полеганию формируется потомство. По данным S. S. Duhoon et al., аддитивное действие генов у рапса в основном преобладало в наследовании таких признаков, как число дней до начала цветения, высота растения, длина стручка и масса 1000 семян [8]. В засуху, как правило, высота растений снижается [9]. Признак короткостебельности у разных форм рапса и многих сельскохозяйственных культур наследуется неодинаково, в зависимости от его генетических особенностей, при этом проявляется доминирование короткостебельности, сверхдоминирование высокостебельности, промежуточное наследование высоты. Метод гибридизации является основой создания популяций для отбора рапса. Преимущественно это внутривидовая гибридизация. Наиболее эффективен при гибридизации принцип скрещивания отдаленных эколого-географических форм, предложенный Н.И. Вавиловым [10]. Результаты работ П.П. Лукьяненко и В.И. Шевелухи свидетельствуют о том, что чем больше различаются скрещиваемые формы в генетическом отношении, чем меньше их родство, тем перспективнее получение трансгрессий [11, 12]. Источником этой наследственной изменчивости служат рекомбинации генов и хромосом, а также и мутации (генные, хромосомные, геномные и полиплоидия). Огромное разнообразие гибридного материала, созданного путем гибридизации, ставит перед селекционером задачу выявления среди них наиболее ценных сочетаний (комбинаций) для селекции на продуктивность, которая напрямую зависит от устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды. При наличии генофонда сортов с высоким потенциалом урожайности представляют интерес исследования, направленные на увеличение их устойчивости к полеганию на высоких фонах питания, в условиях повышенной влажности и др.

Цель исследований – определить характер наследования высоты растений у короткостебельных гибридов F_1 при диаллельных скрещиваниях низкорослых и среднерослых сортов (линий) и образцов ярового рапса.

Методы исследования. Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2019-2020 гг.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, слабоподзоленная, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореной со следующей характеристикой пахотного слоя: гумус (по Тюрину) – 2,03-2,34 %; pH (в KCL) – 6,02-6,2 %; P_2O_5 – 205-245 мг/кг; K_2O – 218-252 мг/кг почвы (по Кирсанову). Предшественник – гречиха. Объектом исследований служили гибридные комбинации F_1 , полученные от диаллельных скрещиваний ярового рапса. В качестве родительских форм использовали отечественные и зарубежные образцы (линии) различного эколого-географического происхождения, различающиеся по признаку «высота растений», созданные в отделе масличных культур, полученные из генбанка РБ (по обмену), в результате сотрудничества с селекционерами научно-исследовательских учреждений и фирм. Посев гибридов F_1 проводили вручную, по методу 2 Гриффинга [13] в гибридном питомнике с использованием родительских форм и сорта-стандарта в качестве контроля. Площадь учетной делянки гибридов составила 0,4-0,8 м², родительских форм – 0,4 м². Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые учеты и структурный анализ снопов проводили согласно методике Государственного испытания [14] и методике полевого опыта Б.А. Доспехова [15]. Определение степени истинного и конкурсного гетерозиса проводили по Д.С. Омарову [16], степень доминирования изучаемых признаков определяли по формуле, предложенной G.M. Beil и R.E. Atkins [17]. Обработка полученных результатов проводилась методом корреляционного и вариационного анализа, статистическая обработка осуществлялась при помощи пакета анализа, входящего в состав Microsoft Excel. Коэффициент вариации определяли по формуле: $V=(S/X) \times 100$.

Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднеежегодных показателей как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков и были в целом благоприятными для роста растений и формирования продуктивности семян ярового рапса.

Результаты и обсуждение. Изучение закономерностей проявления гетерозиса у ярового рапса по признаку «высота растения» необходимо для обоснования и разработки генетических принципов и методов подбора исходного материала при создании низкорослых гибридов. В исследованиях в качестве родительских форм использовались сорт *Герцог*, образцы №14А-2, №111/4 и №10А-2. Средние значения высоты растений родительских форм, гибридов F_1 и сорта-контроля *Тоназ* ярового рапса представлены на рисунке 1. Родительские формы значительно различались между собой по высоте растений: от среднерослого (Нh) сорта *Герцог* (106,5 см) до низкорослого (hh) образца №10А-2 (64,3 см). Разница между ними по данному признаку варьировала от 10,2 до 42,2 см. В среднем за 2 года исследований высота растений родительских форм составила 87,7 см, гибридов F_1 99,9 см, а сорта – контроля 115,1 см. Коэффициент вариации по данному признаку у гибридов F_1 составил в среднем $V=9,9$ %. Корреляционный анализ по выявлению силы и направленности связи высоты растений с другими биометрическими признаками показал, что высота растений гибридов F_1 ярового рапса имеет связь сильной степени с высотой ветвления ($r=0,65$) и количеством ветвей первого порядка ($r=0,59$).

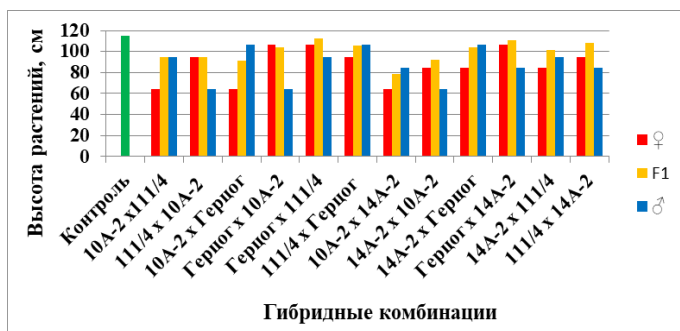


Рисунок 1 – Высота растений родительских форм, гибридов F₁ и сорта-контроля ярового рапса (среднее за 2019-2020 гг.)

Характер наследования высоты растений у гибридов F₁ ярового рапса, полученных от скрещивания короткостебельных и среднерослых сортов (линий) и образцов ярового рапса, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Характер наследования высоты растений у гибридов F₁ ярового рапса (среднее за 2019-2020 гг.)

Комбинация скрещивания	Высота растений родительских форм, см			Высота растений гибридов F ₁ , см	Степень доминирования (hp)	Гетерозис истинный, %	Гетерозис конкурсный, %
	♀	♂	Р _{ср.}				
10A-2 x 111/4	64,3	95,0	79,7	94,9	0,99	-0,11	-17,51
111/4 x 10A-2	95,0	64,3	79,7	95,1	-1,01	0,11	-17,34
10A-2 x Герцог	64,3	106,5	85,4	91,2	0,27	-14,37	-20,73
Герцог x 10A-2	106,5	64,3	85,4	103,9	-0,88	-2,44	-9,69
Герцог x 111/4	106,5	95,0	100,8	112,8	-2,10	5,92	-1,96
111/4 x Герцог	95,0	106,5	100,8	105,8	0,88	-0,66	-8,04
10A-2 x 14A-2	64,3	84,8	74,6	78,3	0,37	-7,67	-31,94
14A-2 x 10A-2	84,8	64,3	74,6	91,9	-1,69	8,37	-20,12
14A-2 x Герцог	84,8	106,5	95,7	103,8	0,75	-2,54	-9,78
Герцог x 14A-2	106,5	84,8	95,7	110,8	1,40	4,04	-3,70
14A-2 x 111/4	84,8	95,0	89,9	101,7	2,31	7,05	-11,60
111/4 x 14A-2	95,0	84,8	89,9	108,2	3,59	13,89	-6,00

В комбинациях 10A-2 × 111/4 и 111/4 × 10A-2 родительские формы различались между собой на 30,7 см по высоте растений, образец №111/4 был выше, чем образец №10A-2. По данным Д.М. Марченко, при скрещивании различающихся по высоте растений родительских форм также было выявлено неполное (частичное) доминирование большего значения признака [18]. При прямом скрещивании установлено наследование признака по типу частичного положительного доминирования (hp = 0,99), а в обратном – депрессия значения признака (hp = -1,01). В комбинациях 14A-2 × Герцог и Герцог × 14A-2 родитель-

ские формы значительно различались по высоте растений. При прямом скрещивании установлено наследование признака по типу частичного положительного доминирования ($h_p = 0,75$), а в обратном – полное доминирование значения признака ($h_p = 1,40$). При прямом и обратном скрещиваниях образцов *14A-2* × *111/4* и *111/4* × *14A-2* наблюдалось сверхдоминирование и гетерозис признака ($h_p = 2,31$, $h_p = 3,59$) и ($\Gamma_{\text{ист}} = 7,05\%$, $13,89\%$) соответственно.

Изучаемые нами линии проявили отрицательный конкурсный гетерозис по признаку высота растений по всем комбинациям. Отрицательный истинный гетерозис или депрессия наблюдались у 50,0 % гибридов F_1 ярового рапса (рисунок 2).

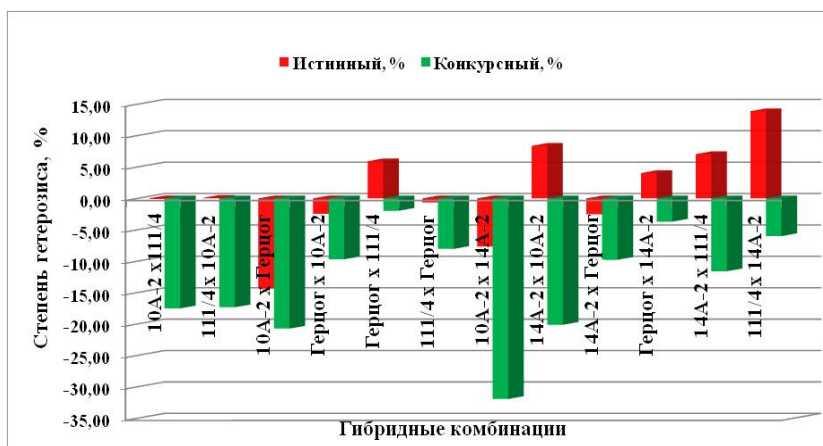


Рисунок 2 – Степень проявления истинного и конкурсного гетерозиса у гибридов F_1 ярового рапса (среднее за 2019-2020 гг.)

Наибольшая степень доминирования по высоте и максимальный положительный истинный гетерозис (13,9 %) получен при использовании образца №111/4 в качестве материнской формы в комбинации *111/4* × *14A-2*. В комбинациях *111/4* × *10A-2*, *Герцог* × *14A-2*, *Герцог* × *111/4*, *14A-2* × *111/4* и *14A-2* × *10A-2* проявились слабые положительные (истинный – 0,11-8,37 %) гетерозисные эффекты. Максимальная высота растений выявлена по комбинации *Герцог* × *111/4* (112,8 см), минимальная – *10A-2* × *14A-2* (78,3 см). При использовании в гибридизации образца №10A-2 в качестве материнской формы и линии (сорт Герцог) – в качестве отцовской формы получено 6 гибридных комбинаций с отрицательным истинным и конкурсным гетерозисом, т.е. произошло снижение высоты растений во вновь созданных комбинациях – депрессия. При использовании родительских форм различного географического происхождения, лучшими, т.е. низкорослыми были линии с использованием образцов: *14A-2* × *10A-2* (91,9 см), *10A-2* × *Герцог* (91,2 см), *10A-2* × *14A-2* (78,3 см), которые были ниже на 23,2-36,8 см или 20,2-32,0 % по сравнению с сортом – контролем *Топаз*.

Выводы

1. Анализ родительских форм и гибридов F_1 ярового рапса показал, что наиболее высокорослыми (от 91,2 до 112,8 см) были гибриды низкорослых форм этой культуры со среднерослым сортом *Герцог*. При использовании в качестве материнской формы низкорослого образца № 10А-2 получены низкорослые продуктивные гибриды с высотой растений 78,3-94,9 см.

2. По признаку «высота растений» наибольшая степень доминирования и максимальный истинный гетерозис (13,9 %) получены в комбинации 111/4 х 14А-2. В прямых и обратных скрещиваниях низкорослых образцов между собой степень доминирования (h²) этого признака составила от -2,10 до 3,59. Установлено, что признак «высота растений» гибридов F_1 ярового рапса имеет сильную корреляционную связь с высотой ветвления ($r=0,65$), количеством ветвей первого порядка ($r=0,59$).

3. При использовании в системных скрещиваниях родительских форм различного географического происхождения, лучшими, т.е. низкорослыми были линии с использованием образцов: 14А-2 х 10А-2 (91,9 см), 10А-2 х *Герцог* (91,2 см), 10А-2 х 14А-2 (78,3 см), которые были ниже на 23,2-36,8 см или 20,2-32,0 % по сравнению с сортом – контролем *Тоназ*. Таким образом, образцы №10А-2 и №14А-2 рекомендуется использовать в селекционном процессе для снижения высоты растений, с целью повышения устойчивости сортов и гибридов ярового рапса к полеганию.

Литература

1. Привалов, Ф.И. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь / Ф.И. Привалов, Я.Э. Пилюк // Рапс: настоящее и будущее : к 30-летию возделывания рапса в Беларуси : матер. III Межд. науч.-практ. конф., Жодино, 15–16 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию. – Минск, 2016. – С. 3–12.
2. Пилюк, Я.Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пилюк – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
3. Вавилов, Н.И. Теоретические основы селекции. – М.: Наука, 1987. – 512 с.
4. Дорофеев В.Ф. Мировой генофонд в селекции растений // Селекция и семеноводство. – 1981. – № 7. – С. 7-11.
5. Рапс / Д. Шпаар [и др.] / под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФА-Унформ, 1999. – 208 с.
6. Paul, V.H. Zum Einsatz von Wachstums-Regulatoren einer neuer Gene-ration in Winterraps / V.H. Paul // Raps. – 1987. – Bd. 5, № 4. – S. 161-164.
7. Тупицын, Н.В. Создание исходного материала и методы отбора пшеницы на урожайность и устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Н.В. Тупицын. – М., 1993. 48 с.
8. Duhoon S.S. et al. Components of genetic variation for yield and its attributes in a diallel cross of yellow-seeded India colza // Indian J. agric. Sci. – 1982. – V. 52, N 3. – P. 154-158.
9. Ковтун, В.И. Селекция озимой пшеницы на юге России: монография / В.И. Ковтун, Н.Е. Самофалова. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2006. – 479 с.
10. Вавилов, Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. В кн.: Теоретические основы селекции растений. – Л., 1935, ч. I. – С. 75.
11. Лукьяненко, П.П. Селекция высокоурожайных низкостебельных сортов озимой пшеницы / П.П. Лукьяненко // С.-х. биология. – 1969. – № 4. – С. 483.

12. Шевелуха, В.С. Морфофизиологические показатели продуктивности и устойчивости зерновых культур / В.С. Шевелуха [и др.] // Докл. ВАСХНИЛ. – 1982. – № 7. – С. 3.
13. Griffing, B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallelcrossing systems // Austral. J. Biol. Sci. 1956. № 9. P. 463–493.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М.А. Федина. – М., 1988. – 121 с.
15. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
16. Омаров, Д.С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений / Д.С. Омаров // Сельскохозяйственная биология. – 1975. – Т. 10. – № 1. – С. 123–127.
17. Beil, G.M. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum / G.M. Beil, R.E. Atkins // Jowa J. Sci. – 1965. – Vol.39, №3. – P.345–358.
18. Марченко, Д.М. Изучение взаимосвязи морфобиологических признаков мягкой озимой пшеницы с зерновой продуктивностью: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук; 06.01.05 / Д.М. Марченко; Дон. зон. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва. – п. Рассвет, 2012. – 18 с.

ANALYSIS OF PLANT HEIGHT INHERITANCE OF SPRING RAPE SHORT-STEMMED HYBRIDS F_1

Y.E. Piliuk, A.N. Pavlovskaya, O.A. Pikun, A. V. Bakanovskaya

The paper presents the results of the two year research on the F_1 hybrid of spring rape obtained due to crossing short-stemmed and medium-grown varieties (lines) and samples differing in the origin of parental forms. The inheritance pattern of the trait "plant height" is shown, correlation dependence is identified, the manifestation of true and competitive heterosis regarding crossing combinations is established. It's identified that the trait "plant height" of the F_1 hybrid of spring rape has a greater correlation with the branching height ($r=0.65$) and the number of primary branches ($r=0.59$). Using system crossings of dwarf parental forms of different ecological and geographical origin dwarf lines have been identified, which are recommended for breeding for reducing the plant height in order to increase the resistance of spring rape varieties and hybrids to lodging.

УДК 633.853.494 «324»:631[53+559]:574

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ И КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ УРОЖАЙНОСТИ И МАССЫ 1000 СЕМЯН СОРТОВ ОЗИМОГО РАПСА

Я.Э. Пилиук канд. с.-х. наук, **С.Ю. Храменко,**

О.Н. Авхимович научные сотрудники

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 01.04.2021)

Рецензент: Холодинский В.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлен анализ продуктивности и экологической адаптивности сортов озимого рапса белорусской селекции. Наибольшей стабильностью, стрессоустойчивостью и более широким диапазоном адаптивных способностей характеризовались сорта Северин (ПУСС=198,2; ИС=3,5; $d=27,5\%$ и $V=13,7\%$) и Золотой (ПУСС=195,7; ИС=3,4; $d=32,3\%$ и $V=14,2\%$). Сорта Империл и Оникс имели более высокие показатели потенциала урожайности (75,0 и 67,1 ц/га) и степени вариабельности по годам

($V=25,1$ и $27,0$ %). Установлена положительная корреляционная связь сильной степени между урожайностью и массой 1000 семян сорта Северин ($r = 0,73$), средней степени у сортов Лидер ($r = 0,59$) и Империял ($r = 0,51$). Наибольшая масса 1000 семян отмечалась у сортов Витовт, Николай ($4,96$ г), Империял ($4,88$ г) и Зенит ($4,86$ г).

Введение. Рапс является одной из востребованных сельскохозяйственных культур как источник пищевого масла, высокопитательного корма для животноводства и птицеводства. В связи с этим селекционная работа по созданию новых сортов рапса пищевого назначения остается актуальной [1]. Повышение продуктивности и качества сельскохозяйственных культур в различных условиях среды – основная задача селекции. Основой любой селекционной программы является расширение диапазона генетической изменчивости с целью отбора желаемых признаков для улучшения возделываемых сортов сельскохозяйственных культур. Отбор селекционного материала только на высокую продуктивность снижает потенциальную урожайность сортов под влиянием жестких агроклиматических условий [2-4]. Создание новых сортов с высокими адаптивными свойствами позволит значительно увеличить урожайность. Только высокая адаптивность сорта (обусловленная гомеостатичностью гено-типа) может обеспечить стабильность урожая в различных экологических условиях [5].

В селекции можно широко использовать анализ корреляционных взаимосвязей и регрессионных зависимостей между признаками. Числовые значения признаков, как и корреляции между ними, обусловлены особенностями селекционного материала, климатических и погодных условий, в которых проводятся опыты, воздействием предшественников и других факторов. У одних и тех же признаков иногда можно получить различные величины корреляции. В связи с этим актуально изучение корреляционных связей между разными признаками с целью выявления тех, по которым возможен отбор из гибридных популяций [6].

Целью наших исследований являлась оценка экологической стабильности и пластичности, установление корреляционной взаимосвязи между урожайностью маслосемян и массой 1000 семян сортов озимого рапса селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Материалы и методика исследований. Исследования проводили в 2015-2020 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,5-0,7 м мореной. Мощность пахотного горизонта 20-22 см. Основные агрохимические показатели пахотного слоя почвы: гумус (по Тюрину) – 2,09-2,4 %, pH (KCl) – 6,0-6,3, подвижные формы P_2O_5 и обменного K_2O (по Кирсанову) – 240-340 и 235-358,4 мг/кг почвы. Объектом исследований служили сорта озимого рапса, перспективные и включенные в Государственный реестр сортов Республики Беларусь: *Империял*, *Витовт*, *Зенит*, *Оникс*, *Золотой*, *Северин*, *Буян*, *Николай*, в ка-

честве контроля использовался сорт *Лидер*. Предшественником для озимого рапса являлся яровой ячмень. Учетная площадь делянки 10 м². Повторность шестикратная. Способ посева – сплошной рядовой, ширина междурядий 12,5 см. Технология возделывания озимого рапса на маслосемена общепринятая для данной зоны [7]. Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые и лабораторные учеты и структурный анализ растений проводили согласно методике Государственного испытания [8], по методике полевого опыта Б.А. Доспехова [9].

Учет урожайности маслосемян проводился методом сплошного обмолота учетных делянок малогабаритным комбайном Хеге, убранные семена взвешивали с каждой делянки и пересчитывали на 100 % чистоту и 10 % влажность. Индекс стабильности (ИС) рассчитывали по А.А. Грязнову [10], показатель уровня и стабильности урожайности (ПУСС) – по Э. Д. Неттевичу [11], размах урожайности (d) – по В.А. Зыкину [12], коэффициент вариации (V) рассчитан по Доспехову. При расчете показателей ИС и ПУСС в качестве контроля принят сорт рапса озимого *Лидер*.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму, количеству, интенсивности и периодичности выпадения осадков, степени и продолжительности действия погодных явлений различного характера во все периоды роста и развития растений, а также во время перезимовки, что дало возможность провести всестороннюю оценку изучаемого материала. В целом метеорологические условия складывались благоприятно для роста и развития озимого рапса.

Результаты исследований и их обсуждение. Урожайность – основной показатель хозяйственной ценности сорта, поэтому улучшение ее параметров является приоритетным направлением большинства селекционных программ. Селекционная работа всегда направлена на создание перспективного исходного материала с высоким потенциалом продуктивности и качеством маслосемян, устойчивого к абиотическим и биотическим факторам среды [13]. В конкурсном сортоиспытании были оценены сорта озимого рапса по комплексу хозяйственно-ценных признаков, одними из которых являлась урожайность и масса 1000 семян.

В 2013-2020 гг. в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включены 10 новых сортов озимого рапса: *Август*, *Александр*, *Империял*, *Витовт*, *Зенит*, *Оникс*, *Золотой*, *Северин*, *Буян*, *Николай* отечественной селекции. В среднем за годы исследований по уровню урожайности среди изучаемых сортов озимого рапса выделились: *Империял* (53,4 ц/га), *Оникс* (48,9 ц/га), *Золотой* (48,7 ц/га), *Северин* (47,9 ц/га) и *Витовт* (47,7 ц/га) (таблица 1). Сорта *Империял*, *Оникс* имеют более высокую степень вариабельности по годам ($V=25,1$ и $27,0$ %), в то время как *Северин* и *Золотой* – наименьший коэффициент вариации ($V=13,7$ и $14,2$ %). Наибольший потенциал урожайности отмечен у сортов *Империял* и *Оникс* (\lim_{\max} 75,0 и 67,1 ц/га). Сорта *Зенит*, *Николай*, *Витовт*, *Буян*, *Золотой* и *Северин* также имели высокую урожайность (\lim_{\max} 66,1-56,3 ц/га).

Важным показателем для оценки сортов, произрастающих в разных условиях среды и в разные годы, является их устойчивость к стрессу, который определяется как разность между минимальной и максимальной урожайностью ($y_1 - y_2$). В результате проведенных исследований было установлено, что сорта *Северин* и *Золотой* обладают наибольшей стрессоустойчивостью и более широким диапазоном адаптивных способностей.

Таблица 1 – Параметры урожайности, экологической пластичности и стабильности районированных сортов озимого рапса (среднее за 2015-2020 гг.)

Сорт	Средняя урожайность, ц/га,	Предел урожайности, ц/га		
		min (y_1)	max (y_2)	$y_1 - y_2$
Лидер, к	42,3	34,9	58,5	-23,6
Империял	53,4	38,9	75,0	-36,1
Витовт	47,7	32,8	64,8	-32,0
Зенит	46,3	36,2	66,1	-29,9
Оникс	48,9	36,7	67,1	-30,4
Золотой	48,7	39,9	58,9	-19,0
Северин	47,9	40,8	56,3	-15,5
Буян	47,4	37,7	63,3	-25,6
Николай	46,3	37,3	65,1	-27,8

Чем меньше размах урожайности, тем стабильнее сорт в конкретных условиях. В наших условиях (центральная часть Беларуси) размах урожайности в опыте был наименьший у сортов *Северин* и *Золотой* ($d=27,5-32,3\%$) (таблица 2). Индекс стабильности (ИС) – важная характеристика сорта. Сорта с высоким индексом стабильности более приспособлены к конкретным условиям. Индекс стабильности (ИС) наиболее высоким был у сортов *Северин* (3,5) и *Золотой* (3,4).

Таблица 2 – Показатели экологической пластичности и стабильности районированных сортов озимого рапса (среднее за 2015-2020 гг.)

Сорт	Размах урожайности (d), %	Коэффициент вариации (V), %	Индекс стабильности, (ИС)	ПУСС
Лидер, к	40,3	21,2	2,0	100,0
Империял	48,1	25,1	2,1	132,6
Витовт	49,4	23,4	2,0	112,8
Зенит	45,2	23,5	2,0	109,5
Оникс	45,3	27,0	1,8	104,0
Золотой	32,3	14,2	3,4	195,7
Северин	27,5	13,7	3,5	198,2
Буян	40,4	21,6	2,2	123,3
Николай	42,7	21,6	2,1	114,9

Комплексный показатель адаптивности сортов ПУСС позволяет одновременно учитывать уровень и стабильность урожайности, т.е. гомеостатичность. По нашим данным ПУСС сортов озимого рапса изменялся от 104,0 до 198,2. Наиболее стабильными и гомеостатичными были сорта *Северин* (ПУСС=198,2) и *Золотой* (ПУСС=195,7), которые по этим показателям превосходили сорт-контроль и все изучаемые сорта. По показателю ПУСС все сорта, включенные в Государственный реестр сортов Республики Беларусь, превосходили сорт-контроль *Лидер: Империял* (132,6), *Буян* (123,3), *Николай* (114,9), *Витовт* (112,8), *Зенит* (109,5) и *Оникс* (104,0).

Одним из основных элементов структуры урожая является масса 1000 семян (таблица 3). Весенний запас влаги и достаточное количество осадков в период налива за годы исследований позволили сформировать растениям озимого рапса крупные семена. В 2018 г. и 2020 г. изучаемые сорта характеризовались наибольшей массой 1000 семян, которая в среднем по этим годам составила 5,13 и 5,15 г соответственно. Самая низкая масса 1000 семян была отмечена в 2016 году – 3,91 г. Анализ полученных результатов показал, что в среднем за 2015-2020 гг. по крупности семян выделились сорта *Витовт*, *Николай* (4,96 г), *Империял* (4,88 г) и *Зенит* (4,86 г).

Таблица 3 – **Масса 1000 семян сортов озимого рапса в конкурсном сортоиспытании (среднее за 2015-2020 гг.)**

Сорт	Масса 1000 семян, г						Среднее по сорту
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	
Лидер, к	4,48	3,76	4,72	4,48	4,48	5,00	4,49
Империял	5,16	4,06	5,20	5,20	4,51	5,15	4,88
Витовт	5,12	4,31	5,14	5,20	4,64	5,34	4,96
Зенит	5,16	4,12	4,84	5,00	4,70	5,35	4,86
Оникс	5,20	3,90	4,80	4,90	4,48	5,34	4,77
Золотой	4,50	3,68	4,76	5,02	4,51	5,38	4,64
Северин	4,20	3,78	4,74	4,72	4,63	5,12	4,53
Буян	5,50	3,74	4,82	5,50	4,43	4,49	4,75
Николай	4,94	3,86	5,14	6,14	4,52	5,14	4,96
Среднее за год	4,92	3,91	4,91	5,13	4,54	5,15	

За годы исследований установлена положительная корреляционная связь сильной степени между урожайностью и массой 1000 семян у сорта *Северин* ($r = 0,73$), средней степени у сортов *Лидер* ($r = 0,59$) и *Империял* ($r = 0,51$) (рисунки 1-3). Крупность семян отечественных сортов озимого рапса определялась в большей степени сортовыми особенностями, а не погодными условиями года.

Выводы

1. В среднем за годы исследований по уровню урожайности среди изучаемых сортов озимого рапса выделились *Империял* (53,4 ц/га), *Оникс* (48,9 ц/га), *Золотой* (48,7 ц/га), *Северин* (47,9 ц/га) и *Витовт* (47,7 ц/га). Наибольший по-

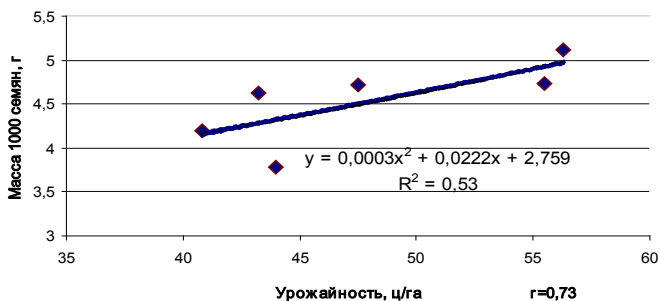


Рисунок 1 – Связь урожайности маслосемян рапса озимого Северин с массой 1000 семян



Рисунок 2 – Связь урожайности маслосемян рапса озимого Лидер с массой 1000 семян

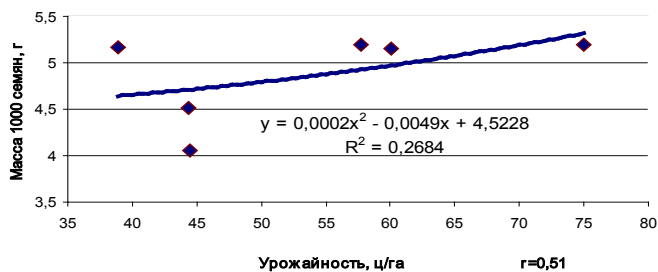


Рисунок 3 – Связь урожайности маслосемян рапса озимого Империл с массой 1000 семян

тенциал урожайности отмечен у сортов Империл и Оникс (\lim_{\max} 75,0 и 67,1 ц/га).

2. Сорта *Империл*, *Оникс* имеет более высокую степень вариабельности по годам ($V=25,1$ и $27,0$ %), в то время как *Северин* и *Золотой* – наименьший коэффициент вариации ($V=13,7$ и $14,2$ %) и размах урожайности ($d=27,5$ - $32,3$ %). Наибольшей стабильностью характеризовались сорта *Северин* (ПУСС=198,2 и ИС=3,5) и *Золотой* (ПУСС=195,7 и ИС=3,4), отличавшиеся

также стрессоустойчивостью и более широким диапазоном адаптивных способностей.

3. В среднем за 2015-2020 гг. по крупности семян выделились сорта *Витовт*, *Николай* (4,96 г), *Империял* (4,88 г) и *Зенит* (4,86 г). Выявлена положительная корреляционная связь сильной степени между урожайностью и массой 1000 семян у сорта *Северин* ($r = 0,73$), средней степени у сортов *Лидер* ($r = 0,59$) и *Империял* ($r = 0,51$). Крупность семян отечественных сортов озимого рапса определялась в большей степени сортовыми особенностями.

Литература

1. Пиллюк, Я.Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пиллюк. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
2. Андреева, З.В. О реализации потенциала урожайности зерна мягкой яровой пшеницы в разных агроклиматических зонах Западной Сибири / З.В. Андреева, Р.А. Цильке // Вестник НГАУ. – 2011. – №1(17). – С.14-17.
3. Сапега, В.А. Урожайность, экологическая пластичность и адаптивность среднеранних сортов яровой пшеницы в Северном Зауралье / В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова // Вестник НГАУ. – 2017. – №2(43). – С. 62-70.
4. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений / В.Г. Потанин, А.Ф. Алейников, П.П. Степочкин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – №3 – Т.18. – С.548.
5. Журавлева, Е.В. Селекция и семеноводство – комплексный подход, современное состояние и перспективы / Е.В. Журавлева // Достижение науки и техники АПК. – 2015. – Т.29, №12. – С. 5-7.
6. Kucerova, J. Same correlations between parameters of winter wheat technological quality / J. Kucerova // Acta Univ. Agr. Silvicult. Mendeliana – Brunensis. – 2006. – Vol. 54. – №1. – S.23-29.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сборник отраслевых регламентов / Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; рук. Разраб.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 380-396.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина. – М., 1988. – 121 с.
9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов / 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Грязнов, А.А. Селекция ячменя в Северном Казахстане / А.А. Грязнов // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С.49-53.
11. Неттевич, Э.Д. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна / Э.Д. Неттевич, А.И. Моргунов, М.И. Максименко // Вестник с.-х. науки. – 1985. – №1. – С. 66-73.
12. Зыкин, В.А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В.А. Зыкин // ГНУ Сибирский НИИ сельского хозяйства-Уфа, 2005. – 99 с.
13. Пиллюк, Я.Э. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь / Я.Э. Пиллюк, О.А. Пикун, А.В. Бакановская // Рапс: настоящее и будущее : к 30-летию возделывания рапса в Беларуси : матер. III Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 15-16 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию. – Минск, 2016. – С. 36-40.

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL STABILITY AND CORRELATION BETWEEN THE YIELD AND 1000 GRAIN WEIGHT OF WINTER RAPE VARIETIES

Ya.E. Piliuk, S.Yu. Khrumchenko, O.N. Avhimovich

The article demonstrates the analysis of productivity and environmental adaptability of winter rape varieties of Belarusian breeding. The varieties Severin (indicator of yield stability=198.2; stability index=3.5; $d=27.5$ % and $V=13.7$ %) and Zolotoi (indicator of yield stability=195.7; stability index=3.4; $d=32.3$ % and $V=14.2$ %) are characterized by the highest stability, stress resistance and a wider range of adaptable capacities. The varieties Imperial and Onix have higher indicators of the yield potential (75 and 67.1 dt/ha) and the degree of variability ($V=25.1$ and 27.0 %). It's established that the variety Severin has a strong correlation ($r = 0.73$) between the yield and 1000 grain weight and the variety Lider has a medium correlation ($r = 0.59$). The varieties Vitovt, Nikolai (4.96 g), Imperial (4.88 g) and Zenit (4.86 g) have the highest 1000 grain weight.

УДК 633.853.494 «324»: 631 [527+526.32] (476)

СКРИНИНГ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОГО РАПСА ПО КОМПЛЕКСУ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е.С. Бык, науч. сотрудник, **Я.Э. Пилиук**, кандидат с.-х. наук, **О.Н. Авхимович**, **С.Ю. Храмченко**, науч. сотрудники, **В.А. Лемеш***, **Г.В. Мозгова***, кандидаты биол. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»

(Поступила 02.04.2021)

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по изучению коллекционных образцов озимого рапса (60 шт.) различного эколого-географического происхождения по комплексу хозяйственно-ценных признаков с целью выделения источников и доноров, необходимых для дальнейшего их использования в селекционном процессе в условиях Республики Беларусь. По результатам исследований выделены образцы по высокой урожайности – №46/15, №24/15, №38/15, Си Сабео, по массе 1000 семян – №20/15, Артога, №46/15, Андерсон; по количеству стручков на растении – №53/15, №55/15, №2/15, Ситро и №6/15; по высокой перезимовке – №32/15, №7/15, Тайфун, №38/15, Кодиак, №29/15, ES Нептун и №58/15; устойчивые к *Leptosphaeria maculans* образцы №25/15, №34/15, №18/15; №15/246, № 19/15, №57/15, №6/15, №9/15, №58/15.

Основной масличной культурой Республики Беларусь и других стран мира, в которых метеорологические условия не дают возможности культивировать более теплолюбивые маслосодержащие растения (подсолнечник, соя, хлопчатник и прочие), является рапс. Он используется на пищевые, кормовые цели и представляет собой ценное сельскохозяйственное растение [8].

Для селекции первостепенное значение имеет наличие разнообразного генетического фонда культурных растений и поэтому селекционная работа начинается со сбора и изучения коллекции. На полях Республики Беларусь до 1986 г. возделывались сорта рапса технического назначения с высоким содержанием эруковой кислоты, практически отсутствовал исходный материал для ведения селекционного процесса озимого рапса. В связи с этим появилась необходимость расширения объемов исследований для создания отечественного генфонда.

Исходный материал из мировой коллекции Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова (ВИР) и учреждений-оригинаторов различного эколого-географического происхождения, а также селекционный материал рапса, созданный в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», изучался многие годы. Благодаря этим исследованиям выделены источники и доноры ценных морфологических, биологических и хозяйственных свойств рапса: зимостойкости, семенной продуктивности и крупности семян, толерантности и устойчивости к различным болезням, скороспелости, короткостебельности и осыпанию, показателям качества и др. Всестороннее изучение коллекционного материала представляет практический интерес по основным хозяйственно-ценным признакам в условиях Республики Беларусь.

Отмечено, что для селекции рапса наиболее ценным исходным материалом по отдельным признакам и их комплексу являются современные сорта и сортообразцы белорусской, российской, скандинавской, западноевропейской и канадской селекции [8].

Методика и условия проведения исследований. В 2016-2018 гг. в отделе масличных культур на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» проводилось изучение образцов коллекции озимого рапса различного эколого-географического происхождения с целью выделения источников хозяйственно-ценных признаков, необходимых для дальнейшего их использования в селекционном процессе.

Почва дерново-подзолистая, среднеподзолистая, развивающаяся на лесоводном и песчанисто-пылевом суглинке, подстилаемом с глубины 0,5-0,8 м моренным суглинком. Она типична для супесчаных и легкосуглинистых почв Республики Беларусь. Содержание гумуса в пахотном слое (20-24 см) – 1,96-2,4 %, рН (KCl) – 5,8-6,4, гидролитическая кислотность 2,2-3,1 м-экв., сумма поглощенных оснований – 2,5-3,7 м-экв. на 100 г почвы. Содержание подвижных питательных веществ: фосфора (P_2O_5) – 206-240 и калия (K_2O) – 186-220 мг на 1 кг почвы. Обработка почвы, посев и дальнейший уход осуществлялись в соответствии с общепринятой для озимого рапса технологией возделывания [6, 7]. Предшественник – зерновые культуры, занятый и чистый пар.

Перезимовка озимого рапса учитывалась на двух закрепленных площадках по 0,25 м² как отношение числа выживших к числу имеющихся растений перед уходом в зиму (в процентах). Морфологический анализ растений проводился по

«Методике оценки урожайности сортов озимого двулузевого рапса» [4]. Учет урожайности проводили методом сплошного обмолота комбайном Нега или Сампо поделачночно с пересчетом на 10% влажность.

Полевые и лабораторные исследования проводили в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [2], «Методикой полевого опыта» [1], «Методическими указаниями по изучению мировой коллекции масличных культур» [3], учета распространения и развития болезней рапса и полевой оценке устойчивости сортообразцов к ним проводились по методикам И.Л. Маркова (1991), М.К. Хохрякова (1969), методикам ВИЗР (1984), UPOV и методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве РУП «Институт защиты растений» (2007). Статическая обработка результатов исследований проводилась по методике Б.А. Доспехова [1] в приложении Excel. В коллекционном питомнике изучались 60 коллекционных образцов озимого рапса различного эколого-географического происхождения из 5 стран мира.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму, количеству, интенсивности и периодичности выпадения осадков, степени и продолжительности действия погодных явлений различного характера во все периоды роста и развития растений, а также во время перезимовки, что дало возможность провести всестороннюю оценку изучаемого материала.

Результаты исследований и их обсуждение. Коллекция является источником ценных признаков и используется в селекционном процессе в качестве исходного материала для создания новых сортов и гибридных комбинаций, которые будут отвечать всем требованиям сельскохозяйственного производства.

Коллекционные образцы озимого рапса имели разное эколого-географическое происхождение (рисунок 1). Основную часть в коллекции составили образцы из Германии (34 шт. или 56,6 %), 13 шт. (21,7 %) – из Франции, на долю образцов из США приходилось 9 шт., или 15 %, 3 шт. (5 %) – Швейцария и 1 коллекционный образец (1,7 %) был из Австрии.

Одним из важнейших направлений селекции рапса является создание высокопродуктивных сортов и гибридов. Оценка коллекционных образцов озимого рапса по урожайности, представленная в таблице 1, проводилась к сорту-контролю *Лидер* и за 3 года составила в среднем 373,7 г/м². Из 60 образцов коллекции 36 (или 60 %) превысили контроль по урожайности, из них у 11 этот показатель был выше более чем на 20 %. Особенно выделились образцы №46/15 (535,8 г/м²), №38/15 (513,4 г/м²), *Cu Cabeo* (499,5 г/м²) и №24/15 (498,8 г/м²). Средняя урожайность коллекционных сортообразцов за годы исследований составила 384,9 г/м² и варьировала от 205,2 г/м² до 535,8 г/м².

Анализ основных элементов структуры урожая озимого рапса показал, что лучшими по признаку количество ветвей первого порядка оказались коллекционные образцы №58/15, *Эдикс*, *Минерва*, №53/15 и №7/15 (22 шт., 12,3 шт., 12,2 шт., 12,1 шт. и 12,1 шт. соответственно). По количеству стручков на расте-

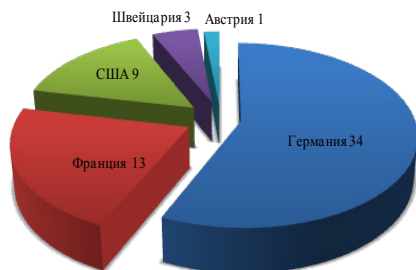


Рисунок 1 – Распределение коллекционных образцов озимого рапса по эколого-географическому происхождению, шт.

Таблица 1 – Коллекционные образцы озимого рапса, выделенные по урожайности

Образец	Происхождение	Урожайность, г/м ²							
		2016 г.	+/- к контролю%	2017 г.	+/- к контролю%	2018 г.	+/- к контролю%	среднее	+/- к контролю%
Лидер (контроль)	BLR	233,1	-	476,0	-	411,9	-	373,7	-
№38/15	DEU	580,0	148,8	540,3	13,5	420,0	2,0	513,4	37,4
№43/15	CHE	314,2	34,8	600,2	26,1	516,3	25,3	476,9	27,6
Cu Cabeo	CHE	440,0	88,8	619,8	30,2	438,7	6,5	499,5	33,7
№46/15	FRA	486,2	108,6	689,9	44,9	431,4	4,7	535,8	43,4
№56/15	USA	279,8	20,0	583,4	22,6	538,9	30,8	467,4	25,1
Средняя по коллекции		273,8	-	521,8	-	359,0	-	384,9	-
Min-max по коллекции		100,4-580,0	-	300,3-690,6	-	75,0-583,2	-	205,2-535,8	-
НСР ₀₅		22,91		24,26		20,35			

нии выделились образцы №53/15 (510,4 шт.), №55/15 (491,0 шт.), №2/15 (476,1 шт.), *Cimpro* (471,0 шт.) и №6/15 (470,6 шт.), у которых этот показатель превышает сорт-контроль на 100,6-117,6 %. Длина центральной кисти была наибольшей у коллекционных образцов №55/15 (60,8 см), №24/15 (60,1 см), *Трой* (59,6 см), №29/15 (58,6 см) и №2/15 (57,0 см). По количеству стручков на центральной кисти выделились образцы №29/15, №54/15, №27/15, №18/15 и №38/15, у которых этот параметр был 58,5 шт., 54,5 шт., 52,9 шт., 51,7 шт. и 51,1 шт. соответственно. Биометрический анализ стручков коллекционных образцов озимого рапса показал, что по признаку длина стручков только 2 образца №5/15 (8,8 см) и *Mercedes* (8,7 см) превысили сорт-контроль.

Количество семян в стручке на центральной кисти было наибольшим у образцов №28/15, №5/15, №10/15, №34/15 и Тайфун от 34,4 шт. до 35,1 шт., что превышает сорт-контроль Лидер (29,9 шт.) на 15,1-17,4 % (таблица 2).

Таблица 2 – Коллекционные образцы озимого рапса, выделенные по количеству семян в стручке

Образец	Происхождение	Количество семян в стручке, г							
		2016 г.	+/- к кон-тролю%	2017 г.	+/- к кон-тролю %	2018 г.	+/- к кон-тролю %	сред-нее	+/- к кон-тролю %
Лидер (контроль)	BLR	30,8		32,6		27,1		30,2	
№36/15	DEU	32,6	5,8	32,3	-0,9	35,3	30,3	33,4	10,6
Минерва	DEU	37,2	20,8	32,8	0,6	31,3	15,5	33,8	11,9
№28/15	DEU	33,2	7,8	35,6	9,2	36,5	34,7	35,1	16,2
№5/15	DEU	38,6	25,3	34,3	5,2	32,3	19,2	35,1	16,2
№10/15	DEU	35	13,6	38,7	18,7	31,7	17,0	35,1	16,2
№45/15	AUT	35,8	16,2	30,5	-6,4	34,7	28,0	33,7	11,6
Средняя		32,8		28,8		27,0		29,5	
Min-тах по кол-лекции-		24,0-38,6		17,5-38,7		19,1-36,5		22,0-35,1	
НСР ₀₅		2,30		3,73		3,86			

Одним из признаков, оказывающих влияние на продуктивность, является масса 1000 семян – наиболее стабильная составляющая урожая, которая характеризует крупность семян. По этому признаку выделились коллекционные образцы №20/15, Артога, №46/15 и Андерсон, у которых масса 1000 была 7,7 г, 7,6 г, 7,5 г и 7,3 г соответственно. За годы изучения коллекции средняя величина по этому показателю составила 5,9 г и изменялась от 4,5 до 7,7 г (таблица 3).

На урожайность и качество семян озимого рапса существенное влияние оказывает полегание. Устойчивость к этому признаку тесно связана с высотой растений. Наиболее низкорослыми в коллекционном питомнике показали себя образцы №9/15 (140,9 см), №33/15 (142,2 см), №53/15 (143,9 см), Трой (144,0 см), №4/15 (144,3 см) и Тайфун (144,7 см).

Гибель озимого рапса в Беларуси от неблагоприятных метеорологических условий в зимний период отмечается практически каждый год. Следовательно, такой показатель, как перезимовка имеет особое значение для этой культуры. В коллекционном питомнике в среднем за 3 года исследований она составила 93,5 %. и изменялась от 50 до 100 %. Перезимовка на уровне 100 % стабильно за все годы исследований была у 8 образцов – №32/15, №7/15, Тайфун, №38/15, Кодиак, №29/15, ES Нентун, №58/15.

Скрининг коллекционных образцов озимого рапса по основным селекционно-ценным признакам имел широкий диапазон: продуктивность от 205,2 до 535,8 г/м², количество семян в стручке от 22,0 до 35,1 шт., масса 1000 семян

Таблица 3 – Коллекционные образцы озимого рапса, выделенные по массе 1000 семян

Образец	Происхождение	Масса 1000 семян, г							
		2016 г.	+/- к контролю, %	2017 г.	+/- к контролю, %	2018 г.	+/- к контролю, %	среднее	+/- к контролю, %
Лидер (контроль)	BLR	4,8		7,1		5,9		5,9	
№7/15	DEU	5,8	21,3	7,4	3,8	7,5	26,6	6,9	16,9
№26/15	DEU	5,1	6,7	8,0	12,1	7,6	28,0	6,9	16,9
№13/15	DEU	4,8	-1,0	7,9	10,3	9,0	52,5	7,2	22,0
№46/15	FRA	6,0	25,0	9,0	26,4	7,6	28,8	7,5	27,1
Андерсон	FRA	4,7	-2,1	8,9	24,7	8,2	39,0	7,3	23,7
№21/15	FRA	5,7	18,8	7,9	10,7	8,2	38,3	7,2	22,0
Средняя		4,73		6,35		6,50		5,9	
Min-max по коллекции-		2,58-6,34		4,08-9,00		4,83-9,00		3,50-7,7	
НСР ₀₅		0,21		0,34		0,28			

семян от 3,50 до 7,7 г, высота растений от 140,9 до 175,2 см, поражение *L. maculans* в условиях ФТК от 1,3 до 6,3 баллов, а устойчивость к этой болезни в полевых условиях от 3,8 до 8,2 баллов (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика коллекционных образцов озимого рапса по комплексу селекционно-ценных признаков (среднее за 2016-2018 гг.)

Образец	Происхождение	Урожайность, г/м ²	Количество семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Высота растений, см	Поражение <i>L. maculans</i> в ФТК, балл	Устойчивость к <i>L. maculans</i> , балл
Лидер (контроль)	BLR	373,7	29,9	5,9	175,2	3,0	5,7
Ситро	DEU	318,1	29,2	6,4	161,2	3,2	6,3
№33/15	DEU	339,8	27,8	5,0	142,2	5,1	6,6
№34/15	DEU	415,0	34,4	4,5	147,5	2,4	7,8
№18/15	DEU	360,7	30,5	5,9	160,3	2,7	7,1
№7/15	DEU	412,4	27,9	6,9	154,9	1,7	6,8
№26/15	DEU	279,2	24,3	6,9	162,0	3,1	6,0
Тайфун	DEU	284,1	34,0	5,6	144,7	4,5	7,0
Эдимакс	DEU	205,2	22,0	6,8	154,5	3,1	6,5
Минерва	DEU	315,9	33,8	3,5	156,8	4,5	7,5
№28/15	DEU	411,5	35,1	6,4	151,2	3,2	7,1
№38/15	DEU	513,4	29,9	5,5	169,5	1,7	5,9
Кодиак	DEU	450,8	24,2	6,0	161,3	3,2	7,4
№20/15	DEU	415,6	30,9	7,7	160,3	2,1	6,6
№9/15	DEU	375,4	31,2	5,3	140,9	2,4	7,0
№25/15	DEU	411,2	33,1	5,4	156,9	1,8	7,8

Образец	Происхождение	Урожайность, г/м ²	Количество семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Высота растений, см	Поражение <i>L. maculans</i> в ФТК, балл	Устойчивость к <i>L. maculans</i> , балл
Мерседес	DEU	386,1	33,1	6,2	163,3	3,2	6,6
Куга	DEU	392,6	31,0	5,3	154,6	3,1	5,8
№22/15	DEU	436,2	29,3	5,8	145,3	3,4	7,1
№2/15	DEU	367,9	29,0	5,4	150,2	2,9	6,5
Cu Cabeo	CHE	499,5	33,5	5,1	159,9	2,2	4,1
№46/15	FRA	535,8	22,9	7,5	165,8	5,9	4,8
Аризона	FRA	365,7	25,1	6,5	163,3	4,6	5,2
Альбатрос	FRA	476,1	29,4	6,0	159,3	2,4	5,1
ES Нептун	FRA	441,1	25,3	5,5	156,6	4,5	4,4
№54/15	FRA	309,3	25,5	6,1	152,8	3,4	8,2
№55/15	FRA	369,5	26,8	4,8	150,0	3,2	7,6
№6/15	USA	404,8	28,5	5,8	157,9	2,1	7,5
№27/15	USA	405,0	27,7	5,4	156,9	5,6	6,9
№4/15	USA	393,6	27,9	5,0	144,3	4,5	7,0
№15/246	USA	444,7	30,8	5,5	157,5	1,7	8,0
№56/15	USA	467,4	32,0	6,9	163,4	3,0	6,7
№57/15	USA	422,3	25,0	6,6	146,9	2,9	8,2
№19/15	USA	454,1	28,5	4,8	161,7	1,9	8,2
№58/15	USA	444,1	30,0	5,6	160,5	2,6	7,3
Средняя		388,1	29,5	5,9	157,1	3,4	6,4
Min-max по коллекции		205,2-535,8	22,0-35,1	3,50-7,7	140,9-175,2	1,3-6,3	3,8-8,2
НСР ₀₅		20,35-24,26	2,30-3,86	0,21-0,34			

В настоящее время большое внимание уделяется селекции на болезнеустойчивость, следовательно, для проведения исследований в этом направлении требуются источники и доноры устойчивости. Коллекционные образцы оценивались на поражение и толерантность к *Leptosphaeria maculans* (Desm.) в условиях фитотронно-тепличного комплекса (ФТК) и в поле. Исследованиями установлено, что образцы №15/246, №19/15, №25/15, №34/15, №57/15, №6/15, №9/15, №58/15 и №18/15 имели самый низкий балл поражения в ФТК, а также обладали наибольшей устойчивостью в полевых условиях.

Коллекционные образцы, которые выделились по комплексу хозяйственно-ценных признаков, рекомендуется использовать в селекционном процессе в качестве исходного материала для улучшения морфологических, биологических и хозяйственно-полезных свойств сортов и гибридов озимого рапса.

Выводы

По результатам исследований коллекции озимого рапса выделены источники и доноры хозяйственно-ценных признаков, представляющие интерес для дальнейшей селекционной работы в условиях Республики Беларусь:

- по урожайности (более 499 г/м²) – 46/15, №24/15 (FRA), №38/15 (DEU), *Cu Cabeo* (CHE);
- по количеству стручков на растении (свыше 470 шт.) – №53/15, №55/15 (FRA), №2/15, *Cumpo* (DEU) и №6/15 (USA);
- по массе 1000 семян (более 7,3 г) – №20/15 (DEU), *Артога*, №46/15, *Андерсон* (FRA);
- образцы устойчивые к *Leptosphaeria maculans* (балл поражения до 3,0; устойчивость от 7,0 баллов и выше) – №25/15, №34/15, №18/15 (DEU); №15/246, № 19/15, №57/15, №6/15, №9/15, №58/15 (USA);
- по высоте растений (не выше 145 см) – №9/15, №33/15, *Трой*, *Тайфун* (DEU), №53/15 (FRA) и №4/15 (USA);
- по стабильно высокой перезимовке (на уровне 100 %) – №32/15, №7/15, *Тайфун*, №38/15, *Кодиак* (DEU), №29/15, ES Нептун (FRA) и №58/15 (USA).

Литература

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов; 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур : [в 7 вып.] / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве сел. хоз-ва СССР. – Вып. 2 : Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / [подгот.: М.Г. Пруцкова и др.]. – Перераб. изд. – М., 1985. – 285 с.
3. Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур / Все-союз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова. Подсолнечник / [Сост. канд. биол. наук А.В. Анащенко]. – 1976. – 39 с.
4. Методика оценки урожайности сортов озимого двулузгового рапса / ИНАР. – Познань, 1991. – 21 с.
5. Пилиук, Я.Э. Рапс в Беларуси (биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пилиук. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
6. Пилиук, Я.Э. Возделывание озимого рапса / Я.Э. Пилиук [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграрной экономики НАН Беларуси. – Минск, 2005. – С.245-256.
7. Пилиук, Я.Э. Особенности возделывания озимого рапса на маслосемена / Я.Э. Пилиук [и др.] // Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С.388-400.
8. Привалов, Ф.И. Рапс – основная масличная культура Республики Беларусь/ Ф.И. Привалов, Я.Э. Пилиук // Рапс: настоящее и будущее. К 30-летию возделывания рапса в Беларуси : матер. III Межд. науч.-практ. конференции, 15-16 сентября, г. Жодино / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – С. 3-12.

SCREENING OF WINTER RAPE COLLECTION MATERIAL IN TERMS OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS IN THE CENTRAL PART OF THE REPUBLIC OF BELARUS

E.S. Byk, Ya.E. Piliuk, O.N. Avkhimovich, S.Yu. Khranchenko, V.A. Lemesh, G.V. Mozgova

The paper presents the results of the research on collection accessions of winter rape (60 pcs) of different ecological and geographical origin in relation to a set of economically important traits in order to identify the sources and donors for further use in breeding in the Republic of Belarus. According to the findings the following samples were identified: №46/15, №24/15, №38/15, Cu

Cabeo – with regard to a high yield; №20/15, Artoga, №46/15, Anderson – with regard to the 1000 grain weight; №53/15, №55/15, №2/15, Sitro and №6/1 – with regard to the number of pods per plant; №32/15, №7/15, Typhoon, №38/15, Kodiak, №29/15, ES Neptun and №58/15 – with regard to high overwintering; and samples №25/15, №34/15, №18/15; №15/246, № 19/15, №57/15, №6/15, №9/15, №58/15 resistant to Leptosphaeria maculans.

УДК 633.15:631.527.5

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ЦМС НА СЕЛЕКЦИОННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

В.И. Кравцов, ст.н.с., Е.М. Говор, ст.н.с., Л.П. Шиманский, канд. с.-х. наук
РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 18.02.2021)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приведены результаты изучения влияния типа ЦМС на селекционно-ценные признаки гибридных комбинаций, полученных в тесткроссных скрещиваниях между оцениваемыми селекционными образцами и тестером с заведомо известным типом ЦМС. Выявлены тенденции изменчивости признаков, обусловленных стерильными М- и С-типами цитоплазмы. По отдельным гибридным комбинациям проявляется специфичность взаимодействия генотипа гибрида, типа цитоплазмы и условий года исследований.

Производство гибридных семян высокогетерозисных гибридов кукурузы становится значительно эффективнее при использовании цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). Практическое применение данного явления насчитывает уже более 70 лет. Использование ЦМС дает существенную экономию трудовых ресурсов. Однако, главное преимущество состоит в том, что качество гибридных семян обеспечивается научными (генетическими) средствами и в меньшей степени зависит от уровня организации и дисциплины в производстве. Использование явления ЦМС в семеноводстве гибридной кукурузы возможно только в случае, если гибриды, созданные на ее основе, по основным хозяйственно-полезным признакам не отличаются от гибридов на нормальной цитоплазме. При использовании любого типа ЦМС несомненный интерес представляет характер его действия на проявление хозяйственно-ценных и морфологических признаков кукурузы. В отношении различных типов стерильности в литературе накоплено достаточно много результатов, раскрывающих степень и характер влияния ЦМС на урожайность и другие признаки гибридов. Результаты сравнительного изучения влияния стерильной цитоплазмы на урожайность зерна не выявили существенных различий между гибридами с нормальной и стерильными цитоплазмами М и С типов [1-4].

Методика и объекты исследований. Исследования проводили на опытных полях РНДУП «Полесский институт растениеводства» в 2019-2020 гг. Учетная площадь делянок 2,45 м² при трехкратной повторности.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая связносупесчаная. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: pH (KCl) – 5,7, содержание P_2O_5 – 442 мг/кг, K_2O – 284 мг/кг, Ca – 987 мг/кг, Mg – 169 мг/кг почвы, гумуса – 2,71 %. Предшественник – кукуруза. Обработка почвы и технология ухода за посевами – общепринятая под кукурузу, включающая весь комплекс агротехнических мероприятий и мероприятий по химической защите посевов от вредителей и болезней.

Сравнительный анализ погодных условий вегетационных периодов 2019 г. и 2020 г. показал их контрастные различия. 2020 г. был более холодным по сравнению с 2019 г. – сумма эффективных температур за вегетационный период в 2020 г. была на 61 °С меньше за счет низких температур в весенний период (апрель-май). Недостаток тепловых ресурсов в первой половине вегетации в 2020 г. не был компенсирован высокими температурами в июле-августе, что привело к значительному недобору урожайности. По влагообеспеченности 2020 г. уступал 2019 г. – сумма выпавших осадков за вегетационный период была на 73 мм меньше, чем в 2019 г.

Объекты исследований – гибридные комбинации с нормальной и стерильной цитоплазмой.

Фенологические наблюдения и учет урожая гибридов кукурузы проводили согласно методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой (1980). Статистическую обработку экспериментальных результатов и анализ комбинационной способности проводили по методикам Б.А. Доспехова (1985), В.Г. Вольфа, П.П. Литуна (1980) и В.К. Савченко (1973).

Результаты исследований и их обсуждение. В среднем за годы исследований (2019-2020 гг.) гибриды, синтезированные на М-типе ЦМС, имели более продолжительный период «всходы – цветение початков», существенно превысив гибриды на нормальной и С-типе ЦМС (таблица 1). Стерильная цитоплазма М- и С- типов в сравнении с нормальной способствовала уменьшению высоты растений на 5-9 %. При этом более существенное влияние оказал М-тип ЦМС. По данному признаку прослеживается специфичность взаимодействия «генотип × цитоплазма». У растений тесткроссов с образцами *СП017/190*, *СП017/195*, *СП017/199*, *СП017/200* депрессивное влияние типа ЦМС на данный признак было несущественным или отсутствовало. У растений тесткроссов с образцами *СП017/79*, *СП017/80*, *СП017/185*, *СП017/201* отмечено существенное уменьшение только на М-типе ЦМС, у *СП017/19* только на С-типе. У гибридов кукурузы с разными типами ЦМС высота прикрепления початка практически не отличалась от гибридов с нормальной цитоплазмой, хотя у отдельных генотипов с М-типом наблюдалась тенденция к снижению этого показателя.

Сравнительное изучение продуктивности гибридов кукурузы на стерильной и нормальной цитоплазмах выявило специфичность взаимодействия генотипа гибрида и типа ЦМС в отдельных комбинациях. В среднем гибридные комбинации на М-типе ЦМС в 2019 г. по урожайности зерна достоверно уступили гибридам на нормальной и С-типе ЦМС, в 2020 г. существенное снижение урожайности получено у гибридов на С-типе ЦМС (таблица 2).

Таблица 1 – Биологические признаки тесткроссов с различными типами цитоплазм

Тип ЦМС	2019 г.	2020 г.	Среднее
Высота растений, см			
Н	234	254	244
С	229	237	233
М	218	227	223
НСР ₀₅	16	17	
Высота прикрепления початка, см			
Н	98	98	98
С	101	98	100
М	93	99	96
НСР ₀₅	6	7	
Дней от всходов до цветения початков			
Н	51	69	60
С	51	70	61
М	58	73	66
НСР ₀₅	4	6	

Таблица 2 – Средняя урожайность тесткроссных гибридов с различными типами цитоплазм

Тип ЦМС	2019 г.	2020 г.	среднее
Содержание сухого вещества в початке, %			
Н	71,4	64,2	67,8
С	72,5	69,8	71,2
М	71,8	64,7	68,3
НСР ₀₅	5,2	4,8	
Выход зерна из сухих початков, %			
Н	85,7	84,2	85,0
С	85,4	84,9	85,2
М	85,1	85,3	85,2
НСР ₀₅	4,9	4,5	
Урожайность зерна при стандартной влажности, ц/га			
Н	95,1	63,3	79,2
С	95,8	56,2	76,0
М	83,3	66,5	74,9
НСР ₀₅	7,3	5,0	

По содержанию сухого вещества в початках гибриды с нормальной цитоплазмой и синтезированные на М-типе ЦМС не имели различий. Гибриды на С-типе ЦМС обеспечивали получение более сухих початков. По выходу зерна не отмечено существенных различий между гибридами с нормальной цитоплазмой и стерильными гибридами.

Все генотипы по своей природе неоднородны по комбинационной способности, поэтому при синтезе новых гибридов сочетание высокой комбинационной способности с наиболее приемлемой реакцией на ЦМС значительно уско-

рует селекционный процесс. С этой целью одновременно с реакцией селекционного материала на стерильность определяли и их комбинационную способность. Комбинационную способность определяли по средним урожаям гибридов, полученных при скрещивании изучаемых образцов с тестерами определенного типа ЦМС.

По каждому типу ЦМС были выделены селекционные образцы с высокой комбинационной способностью (таблица 3). Эти образцы можно рекомендовать для включения в селекционный процесс при создании высокоурожайных гибридов.

Таблица 3 – Новые селекционные образцы с высокой комбинационной способностью

Шифр селекционного образца	Урожайность зерна при стандартной влажности, ц/га		Эффекты ОКС	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
С – тип ЦМС				
Закрепители стерильности				
СП017/23	102,2	71,9	+6,3	+16,0
СП017/24	106,6	65,4	+10,7	+9,5
СП017/27	110,5	55,8	+14,6	-0,1
СП 017/80	97,0	71,4	+1,1	+15,5
СП 017/81	105,8	67,4	+9,9	+11,5
СП017/82	105,4	55,8	+9,5	-0,1
СП017/83	99,4	62,3	+3,5	+6,4
СП 017/84	98,8	69,7	+2,9	+13,8
СП017/195	96,0	75,1	+0,1	+19,2
Восстановители фертильности				
СП 017/185	96,5	71,4	+0,6	+15,5
М – тип ЦМС				
Закрепители стерильности				
СП017/4	98,6	73,9	+4,7	+4,8
Восстановители фертильности				
СП017/3	108,2	74,6	+14,3	+5,5
СП 017/325	97,1	80,6	+3,2	+11,5
СП 017/340	100,5	79,8	+6,6	+10,7
СП 017/341	103,6	73,6	+9,7	+4,5
СП 017/350	103,9	73,8	+10,0	+4,7
СП 017/353	98,8	74,5	+4,9	+5,4
СП 017/354	102,0	77,2	+8,1	+8,1
СП 017/360	106,9	84,5	+13,0	+15,4
СП 017/364	96,9	77,6	+3,0	+8,5
СП 017/365	109,3	85,5	+15,4	+16,4
СП 017/370	99,8	81,2	+5,9	+12,1
СП 017/377	108,4	86,0	+14,2	+16,9
СП 017/381	103,3	74,8	+9,4	+5,7
СП 017/383	112,0	81,9	+18,1	+12,8
СП 017/384	112,3	77,1	+18,4	+8,0

Выводы

1. Отмечена специфичность взаимодействия «генотип х цитоплазма» у гибридов с различным типом ЦМС по отдельным морфо-биологическим признакам (длина межфазного периода «всходы цветение початка», высота растений).
2. Наблюдается специфичность взаимодействия генотипа гибрида и типа ЦМС в отдельных комбинациях по продуктивности и элементам структуры урожайности зерна в зависимости от агроклиматических условий года.
3. По каждому типу ЦМС выделены селекционные образцы с высокой комбинационной способностью, которые можно рекомендовать для включения в селекционный процесс при создании высокоурожайных гибридов.

Литература

1. Гонтаровский, В.А. Генетическая классификация источников цитоплазматической мужской стерильности у кукурузы / В.А. Гонтаровский // Генетика. – 1971. – Т. 7, № 9. – С. 22-29.
2. Вахрушева, Э.И. Цитоплазматическая мужская стерильность в селекции и семеноводстве гибридов кукурузы / Э.И. Вахрушева // Селекция и генетика кукурузы. – Краснодар, 1979. – С. 38-70.
3. Галеев, Г.С. Итоги изучения и селекционного использования цитоплазматической мужской стерильности кукурузы / Г.С. Галеев // Селекция растений с использованием цитоплазматической мужской стерильности. – Киев: Урожай, 1966. – С. 32-48.
4. Сотченко, В.С. Использование новых типов ЦМС в селекции и семеноводстве кукурузы / В.С. Сотченко, А.Г. Горбачева, Н.И. Косогорова // Селекция, семеноводство, производство зерна кукурузы. – Пятигорск. – 2002. – С. 37-45.

STUDY OF THE IMPACT OF CMS TYPE ON VALUABLE BREEDING TRAITS OF MAIZE HYBRIDS

V.I. Kravtsov, E.M. Govor, L.P. Shimansky

The paper presents the results of the research on the impact of CMS (cytoplasmic male sterility) type on valuable breeding traits of hybrid combinations obtained due to test crosses between breeding samples and a tester with known CMS type. The trends towards variation of traits based on sterile M-and C-types of cytoplasm are identified. Specifics of interrelation of hybrid genotype, cytoplasm type and conditions of the research year are demonstrated in terms of definite hybrid combinations.

**ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ПО ФИТОТОКСИЧЕСКОЙ
РЕАКЦИИ НА ОСНОВНЫЕ ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА
ГЕРБИЦИДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА КУКУРУЗЕ**

В.И. Кравцов, ст.н.с., **Л.П. Шиманский**, кандидат с.-х. наук
РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 18.02.2021)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Приведены результаты оценки исходного материала кукурузы (константные самоопыленные линии различного генетического происхождения) по индивидуальной чувствительности к фитотоксическому действию гербицидов. Определена «сортоспецифичность» самоопыленных линий кукурузы к определенным действующим веществам гербицидов, выделены перспективные источники устойчивости. Рекомендованы оптимальные схемы применения гербицидов для химической прополки участков гибридизации и размножения родительских форм белорусских гибридов кукурузы.

Известно, что большинство пестицидов являются достаточно токсичными веществами для культурных растений, оказывающих на них фитотоксическое (или стрессовое) воздействие. В посевах кукурузы стрессовый эффект от внесения гербицидов может проявляться в виде замедления роста и развития различных метаболических процессов, снижения всхожести семян, появления пятен, ожогов, скручивания листьев, повышения подверженности болезням и других симптомов, и в конечном итоге выражается в значительном недоборе урожая [2].

Механизмы ответных реакций растений на воздействие различных экологических стрессов, в том числе и внесение гербицидов, разнообразны. Они затрагивают звенья метаболизма, физиолого-биохимические процессы, генетический аппарат. Проблема общих и специфических механизмов адаптации растений к разнообразным экзогенным воздействиям постоянно дискутируется и является весьма актуальной.

В настоящее время ведется интенсивный поиск генотипов кукурузы, сочетающих высокий потенциал продуктивности с устойчивостью к фитотоксическому воздействию применяемых гербицидов [4]. При этом отмечается высокая отзывчивость самоопыленных линий и простых гибридов кукурузы к внесению различных гербицидов (действующих веществ) [1, 3].

Наиболее «мягкими» гербицидами, обладающими наименьшим фитотоксическим эффектом на растения кукурузы, являются гербициды почвенного действия из группы триазинов и хлорацетамидов, применяемые до всходов или в ранние фазы роста. Вместе с тем, данные гербициды являются недостаточно эффективными по отношению к многолетним однодольным и двудольным сор-

ным растениям, доля которых на полях нашей республики по мере увеличения засушливости климата постоянно увеличивается.

В связи с этим большую актуальность представляют исследования по определению реакции самоопыленных линий кукурузы на действие повсходовых гербицидов, применяемых в фазе 4-5 листьев кукурузы и обладающих высокой гербицидной активностью по отношению к многолетним сорнякам.

Методика и объекты исследований. Полевые опыты проводили на полях РНДУП «Полесский институт растениеводства» в 2019-2020 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая связносупесчаная. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: pH (KCl) – 5,7, содержание элементов питания (в расчете на кг почвы): P₂O₅ – 442 мг, K₂O – 284 мг, Ca – 987 мг, Mg – 169 мг, гумуса – 2,71 %. Обработка почвы и технология ухода за посевами – общепринятая для кукурузы, включающая весь комплекс агротехнических мероприятий и мероприятий по химической защите посевов от вредителей и болезней. Посев опытных деланок проводили вручную, пунктирно в оптимальные для кукурузы сроки (26-27 апреля) с нормой высева 80 тыс. семян/га. Внесение гербицидов на опытных деланках проводили путем ранцевого опрыскивания опрыскивателем Jacto HD-400 (22.05.2019 и 2.06.2020).

Повторность опыта трехкратная, расположение деланок систематическое со смещением. Учетная площадь деланки 36,8 м². Предшественник – кукуруза в монокультуре.

Объектами исследований являлись константные самоопыленные линии – компоненты родительских форм районированных и перспективных гибридов кукурузы белорусской селекции (см. таблицу 1; линии №№ 1-7 – кремнистые формы, линии №№ 8-15 – зубовидные формы).

В опыте изучали действующие вещества (в составе однокомпонентных гербицидов):

класс сульфонилмочевины: *римсульфурон* (Балансир, МД, 0,2 л/га), *никосульфурон* (Дублон, СК, 1,0 л/га);

класс изоксоазолы: *изоксофлютол* (Мерлин Дуо, ВДГ, 1,5 л/га);

класс трикетоны: *темботрион* (Лаудис, ВДГ, 2,0 л/га), *мезотрион* (Франкорн, КС, 0,25 л/га).

Данные гербициды применяли в фазу 4 листьев кукурузы. В качестве контроля использовали гербицид почвенного действия Гардо Голд, КС(312,5 г/л *с-метолахлора* + 187,5 г/л *тербутилазина*), вносимый в фазу 1-2 листа кукурузы в норме 4,0 л/га.

Погодные условия вегетационных периодов 2019 г. и 2020 г. существенно различались между собой. В 2019 г. сумма выпавших осадков за вегетационный период составила 373 мм, в 2020 г. – лишь 300 мм. Сумма эффективных температур за вегетационные периоды составила 1243 °С и 1182 °С, соответственно. Недобор тепла в 2020 г. произошел за счет низких температур в весенний период и не был компенсирован высокими температурами в июле-августе, что существенно повлияло на рост и развитие растений самоопыленных линий кукурузы, а в итоге на их урожайность.

Результаты исследований и их обсуждение. Прямой фитотоксический эффект гербицидов заключается в угнетении ростовых процессов в растениях, приводящий их к гибели. В наших опытах подсчет количества сохранившихся растений к уборке показал различную фитотоксическую реакцию самоопыленных линий на действующие вещества (д.в.) гербицидов.

В среднем за годы исследований максимальная гибель растений отмечена при внесении д.в. никосульфурон – 14 %, минимальная – при внесении изоксофлютола – 7,2 % (на уровне контрольного варианта).

Высоко чувствительными ко всем изучаемым д.в. гербицидов оказались самоопыленные линии *БКР 101, БКР 107, БКР 109, БКР 49, БКР 501*, у которых гибель растений к уборке составила более 10 % (таблица 1). Средне чувствительными к д.в. гербицидов (гибель растений до 6 %) оказались линии *БКР 200, БКР 703, БКР 710, БКР 701 и БКР 804*.

Таблица 1 – Гибель растений после внесения гербицидов (учет перед уборкой), % (среднее за 2119-2020 гг.)

Объект	Действующее вещество						Среднее
	контроль	римсульфурон	никосульфурон	изоксофлютол	темботрион	мезотрион	
БКР 101	4,6	21,8	7,6	1,7	14,5	11,5	10,2
БКР 107	9,3	20,2	13,2	15,4	12,7	17,4	14,6
БКР 227	14,5	7,1	19,2	1,7	10,3	4,6	9,5
БКР 109	22,7	26,2	17,1	33,5	29,7	31,0	26,7
БКР 49	13,7	11,3	25,9	3,4	12,5	5,6	12,0
БКР 200	5,2	6,5	8,6	4,3	6,0	5,2	5,9
БКР 105	2,3	13,4	10,5	5,0	1,9	6,1	6,5
БКР 703	0,0	7,3	13,2	6,0	5,6	3,5	5,9
БКР 901	10,3	4,5	20,1	2,5	11,8	5,7	9,1
БКР 710	2,0	0,0	7,4	9,6	3,4	7,8	5,0
БКР 701	5,7	6,2	9,7	2,7	2,8	1,3	4,7
БКР 501	10,6	9,8	19,7	2,1	11,3	12,6	11,0
БКР 801	3,2	4,7	17,8	8,2	5,6	8,0	7,9
БКР 715	10,5	4,2	11,7	9,4	8,3	4,3	8,0
БКР 804	1,7	3,1	9,6	4,0	10,5	6,3	5,8
Среднее	7,7	9,7	14,0	7,2	9,8	8,7	

По результатам двухлетних исследований выделены самоопыленные линии, слабо чувствительные к д.в. (доля погибших растений ниже или на уровне контрольного варианта):

- римсульфурон: БКР 227, БКР 49, БКР 901, БКР 710, БКР 501, БКР 715;
- никосульфурон: БКР 109;
- изоксофлютол: БКР 101, БКР 227, БКР 49, БКР 200, БКР 901, БКР 710, БКР 701, БКР 501, БКР 715;
- темботрион: БКР 227, БКР 49, БКР 105, БКР 701, БКР 715;
- мезотрион: БКР 227, БКР 49, БКР 200, БКР 901, БКР 701, БКР 715.

Выделены самоопыленные линии с комплексной устойчивостью к группе д.в. гербицидов:

- БКР 227 – устойчива к 4 д.в. гербицидов;
- БКР 49, БКР 715 – устойчивы к 3 д.в. гербицидов;
- БКР 901, БКР 710, БКР 701, БКР 501 – устойчивы к 2 д.в. гербицидов.

Гербициды оказывают угнетающее воздействие на растения кукурузы, выражаемое в снижении числа початков и увеличении доли бесплодных растений, замедлении ростовых процессов, что в конечном итоге приводит к уменьшению общей продуктивности.

В наших опытах только в варианте с применением изоксофлютола количество початков на 100 растениях на 4,5 % превышало контрольный вариант (в среднем по 15 самоопыленным линиям). По остальным д.в. гербицидов отмечалось существенное снижение количества початков на 100 растениях (рисунки 1).

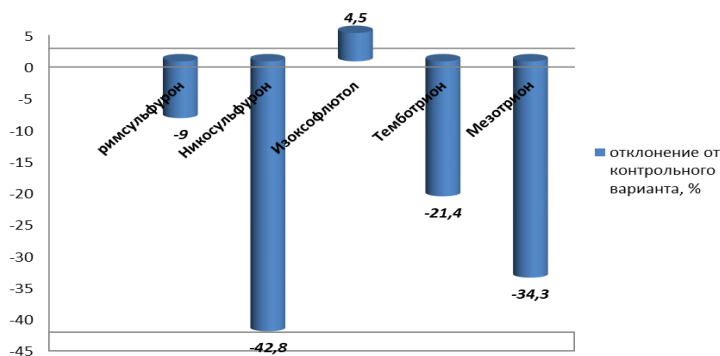


Рисунок 1 – Влияние д.в. гербицидов на количество початков на 100 растениях, % отклонения от контрольного варианта (в среднем за два года по 15 самоопыленным линиям)

Максимальное снижение данного показателя отмечено в вариантах с применением никосульфурона и мезотриона – на 42,8 и 34,3 % соответственно. Применение римсульфурона и темботриона снизило количество початков по сравнению с эталонным вариантом на 9,0-21,4 %.

Выделены линии, не снижающие количество початков по сравнению с эталонным вариантом при применении определенных д.в. гербицидов:

- римсульфурон: БКР 227, БКР 901, БКР 710, БКР 801;
- изоксофлютол: БКР 107, БКР 227, БКР 109, БКР 49, БКР 703, БКР 901, БКР 710, БКР 701, БКР 501, БКР 801, БКР 804;
- темботрион: БКР 105, БКР 801;
- мезотрион: БКР 804.

По д.в. никосульфурон изучаемые линии устойчивости не проявили.

В среднем за два года в вариантах с применением никосульфурона и римсульфурона насчитывалось 23,7 и 58,5 % бесплодных растений. Наиболее «мягким» было д.в. изоксофлутол – процент бесплодных растений составил 2,2 %. При внесении темботриона и мезотриона процент бесплодных растений была ниже, чем в контрольном варианте на 9,1-14,7 % соответственно.

Выделены самоопыленные линии с низкой чувствительностью к определенным д.в. (процент бесплодных растений менее 10 %):

- римсульфурон: БКР 101, БКР 200, БКР 105, БКР 901, БКР 804;
- изоксофлутол: все самоопыленные линии;
- темботрион: БКР 105, БКР 901, БКР 710, БКР 804;
- мезотрион: БКР 101, БКР 105, БКР 901, БКР 710, БКР 801.

Важным показателем реакции образцов на д.в. гербицидов является высота растений в период вегетации, так как определенные д.в. могут снижать линейный рост и развитие растений. Анализ полученных результатов показал, что самоопыленные линии кукурузы по-разному реагировали изменением высоты под действием д.в. гербицидов. Все изучаемые д.в. гербицидов, применяемые в фазу 4 листьев кукурузы, оказали ингибирующий эффект на линейный рост растений в течение 10-30 дней после внесения. Однако максимальная высота растений перед уборкой в среднем по 15 самоопыленным линиям была получена в варианте с внесением изоксофлутола (147,1 см), что на 5,6 % больше, чем в контрольном варианте применения «мягкого» гербицида Гардо Голд. Минимальная высота растений была получена в варианте с применением никосульфурона – 119,8 см, что на 18,6 % ниже, чем в варианте с изоксофлутолом и на 14,0 % ниже, чем в контрольном варианте. В вариантах с применением римсульфурона, темботриона и мезотриона высота растений была на уровне 135-137 см (рисунок 2, таблица 2).

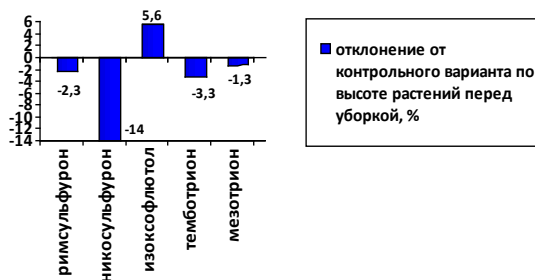


Рисунок 2 – Влияние д.в. гербицидов на высоту растений, % отклонения от контрольного варианта (в среднем за два года по 15 самоопыленным линиям)

Выявлено, что только самоопыленные линии *БКР 107*, *БКР 715* обладали комплексной устойчивостью к ингибирующему действию одновременно трех д.в. гербицидов разных классов, самоопыленная линия *БКР 109* – к четырем.

**Таблица 2 – Влияние д.в. гербицидов на высоту растений, см
(среднее за 2019-2020 гг.)**

Шифр линии	Действующее вещество						
	контроль	рим- сульфу- рон	нико- суль- фу- рон	изоксо- флютол	тембот- рион	мезотрион	сред- нее
БКР 101	145,9	127,0	127,0	139,1	139,6	138,8	136,2
БКР 107	129,8	134,2	117,1	147,5	131,4	135,2	132,5
БКР 227	139,2	142,5	116,5	148,0	135,5	130,9	135,4
БКР 109	119,2	119,8	109,3	144,0	119,1	124,3	122,6
БКР 49	131,7	121,5	120,2	140,7	128,3	127,1	128,3
БКР 200	144,6	143,7	121,3	146,2	143,7	135,8	139,2
БКР 105	137,7	128,8	111,7	140,2	138,4	126,1	130,5
БКР 703	142,4	139,2	135,0	128,7	135,8	141,8	137,2
БКР 901	126,8	125,8	106,9	134,3	124,3	120,8	123,2
БКР 710	153,8	149,9	127,2	157,5	144,9	148,5	147,0
БКР 701	143,1	134,8	113,0	155,0	130,2	132,0	134,7
БКР 501	147,0	137,8	117,8	159,6	136,5	141,7	140,1
БКР 801	140,9	134,8	114,5	151,0	134,4	128,8	134,1
БКР 715	139,8	145,6	112,7	149,9	129,9	133,3	135,2
БКР 804	162,6	162,3	147,1	164,4	152,7	161,6	158,5
среднее	140,3	136,5	119,8	147,1	135,0	135,1	135,6

Только две самоопыленные линии снижали высоту растений при внесении д.в. изоксофлютол – *БКР 101* и *БКР 703*. При этом кремнистая линия *БКР 101* оказалась чувствительной ко всем изучаемым д.в. гербицидов, а зубовидная линия *БКР 703* проявила устойчивость только к одному д.в. гербицида – мезотрион (таблица 3).

Таблица 3 – Группирование самоопыленных линий по устойчивости к ингибирующему действию д.в. гербицидов

Римсульфурон	Никосулфурон	Изоксофлютол	Темботрион	Мезотрион
БКР 107	отсутствуют	БКР 107	БКР 107	
БКР 227		БКР 227		
БКР 109		БКР 109	БКР 109	БКР 109
		БКР 49		
		БКР 200		БКР 200
		БКР 105	БКР 105	
				БКР 703
		БКР 901		
		БКР 710		БКР 710
		БКР 701		
		БКР 501		БКР 501
		БКР 801		
БКР 715		БКР 715		БКР 715
		БКР 804		

Установлено, что внесение повсходовых гербицидов из класса сульфонилмочевин и изоксозола по сравнению с контрольным вариантом применения гербицида Гардо Голд затягивает период вегетации за счет увеличения длины межфазного периода «всходы – цветение метелки и початка»: при внесении римсульфурина на 0,4-0,6 дня, никосульфурона на 1,4-1,6 дня, изоксофлютола на 0,5-1,4 дня.

При этом существенного влияния вносимых д.в. повсходовых гербицидов на разрыв в цветении репродуктивных органов в наших исследованиях не установлено. В среднем за два года минимальный разрыв в цветении репродуктивных органов отмечен при внесении д.в. изоксофлютол – 2,6 дня, максимальный при внесении д.в. никосульфурон – 3,7 дней. Разрыв в цветении репродуктивных органов при внесении других д.в. был на уровне контрольного варианта.

Урожайность зерна самоопыленных линий является интегральной оценкой фитотоксического эффекта, оказываемого д.в. гербицидов.

В среднем за 2019-2020 гг. максимальная урожайность зерна в среднем по 15 линиям была получена в варианте с внесением д.в. изоксофлютол – 24,1 ц/га, минимальная в варианте с внесением д.в. никосульфурон – 8,2 ц/га (рисунок 3).

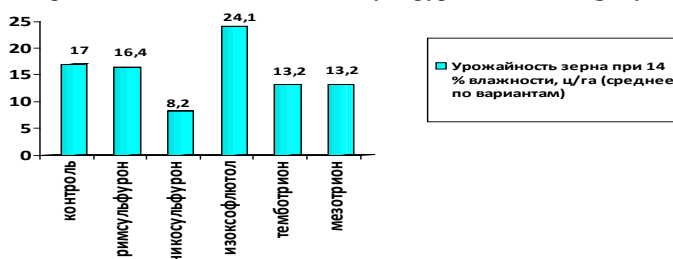


Рисунок 3 – Урожайность зерна при 14 % влажности (данные по 15 самоопыленным линиям в среднем за 2019-2020 гг.)

При этом отмечены существенные различия реакции самоопыленных линий кукурузы на вносимые д.в. гербицидов. Все самоопыленные линии за исключением *БКР 804* показали существенную прибавку урожайности зерна в варианте с применением д.в. изоксофлютол по сравнению с внесением гербицида Гардо Голд.

Наименьшей урожайностью отличались варианты с применением д.в. никосульфурон, при этом кремнистая линия *БКР 101* снизила урожайность зерна всего на 5,4 %, тогда как остальные линии на 35,1-81,4 %.

Низкой чувствительностью к д.в. римсульфурон обладали самоопыленные линии *БКР 107*, *БКР 227*, *БКР 109*, *БКР 801* и *БКР 804*. Не реагировали снижением урожайности при внесении темботриона самоопыленные линии *БКР 101*, *БКР 801*, *БКР 109*, *БКР 105*, к мезотриону – линии *БКР 109* и *БКР 801*.

Внесение д.в. повсходовых гербицидов не приводило к снижению диаметра початка по сравнению с контрольным вариантом, однако снижало количе-

ство рядов зерен от 1,6 % (римсульфурон) до 17,1 % (изоксофлютол); количество зерен в ряду от 2,0 % (изоксофлютол) до 11,3 % (никосульфурон). При этом в варианте применения д.в. римсульфурон этот показатель превысил контрольный вариант на 5,4 %.

Интересно отметить, что внесение повсходовых гербицидов способствовало увеличению массы 1000 зерен за исключением д.в. никосульфурон, где масса 1000 зерен была на уровне контрольного варианта.

По результатам исследований рекомендованы следующие оптимальные схемы применения д.в. гербицидов для химической прополки участков гибридизации и размножения основных родительских форм белорусских гибридов кукурузы (таблица 4).

Таблица 4 – Оптимальные схемы применения д.в. гербицидов почвенного действия для химической прополки участков гибридизации и размножения основных родительских форм белорусских гибридов кукурузы

Самоопыленная линия, простой гибрид – родительская форма	Условия применения	
	благоприятные условия увлажнения в период всходов	засушливые условия в период всходов
БКР 101	гербицид на основе метолахлора, темботриона	изоксофлютол
БКР 227	гербицид на основе метолахлора	римсульфурон, изоксофлютол
Янина С (БКР 101с х БКР 227)	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
БКР 703	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
БКР 901	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
Якуб СВ (БКР 703хБКР 901)	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
БКР 107	гербицид на основе метолахлора	римсульфурон, изоксофлютол
Полина С (БКР 101с х БКР 107)	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
БКР 701	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
БКР 801	гербицид на основе метолахлора	римсульфурон, изоксофлютол, темботрион, мезотрион
Дарья м (БКР 701м хБКР 801)	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
Стася м (БКР 701м х БКР 703)	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
БКР 715	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол
Славия м (БКР 703 х БКР 715)	гербицид на основе метолахлора	изоксофлютол

В качестве источников комплексной устойчивости к д.в. гербицидов рекомендуется использовать следующие самоопыленные линии: изоксофлутол – БКР 227, БКР 107, БКР 109 – кремнистые; БКР 801, БКР 501, БКР 703 – зубовидные; римсульфурон: БКР 227, БКР 107, БКР 109 – кремнистые; БКР 801, БКР 804 – зубовидные; мезотрион и темботрион: БКР 109, БКР 105, БКР 101 – кремнистые; БКР 801 – зубовидная.

Целесообразность проведения селекции линий на устойчивость к д.в. никосульфурон требует дополнительного обоснования. Для этих целей может быть рекомендован лишь один источник устойчивости – БКР 101.

Выводы

Выявлена большая «сортоспецифичность» самоопыленных линий кукурузы к определенным действующим веществам гербицидов, которая должна учитываться как при размножении самоопыленных линий – компонентов родительских форм на участках гибридизации, так и в селекционных программах по созданию новых самоопыленных линий кукурузы с повышенной устойчивостью к основным действующим веществам гербицидов. Гербициды оказывают различное фитотоксическое действие на рост и развитие растений кукурузы, причем они существенно различаются даже в пределах одного класса гербицидов. Полученные результаты по диапазону варьирования основных хозяйственно-ценных признаков и их влиянию на продуктивность самоопыленных линий указывают на необходимость продолжения научно-исследовательских работ по разработке методологии селекции кукурузы на устойчивость к гербицидам.

Литература

1. Баздырев, Г.И. Сорные растения и меры борьбы с ними в современном земледелии / Г.И. Баздырев, Л.И. Зотов, В.Д. Полин. – Москва, Издательство МСХА, 2004. – 287 с.
2. Диагностика проблем выращивания кукурузы. ©FNPSMS – Январь, 2020, С. 28-44.
3. Лысенко, Д.В. Семенная продуктивность самоопыленных линий и гибридов кукурузы в зависимости от применения послевсходовых гербицидов / Д.В. Лысенко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса матер. восьмой регион. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Краснодар, 2006. – С. 40-41.
4. Очнев, А.С. Реакция самоопыленных линий гибридов кукурузы на гербициды / А.С. Очнев, Д.В. Лысенко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса матер. восьмой регион. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Краснодар, 2006. – С. 55-56.

STUDY OF INITIAL MATERIAL IN TERMS OF PHYTOTOXIC REACTION TO BASIC ACTIVE INGREDIENTS OF HERBICIDES APPLIED TO MAIZE

V.I. Kravtsov, L.P. Shimansky

The paper presents the results of the assessment of maize initial material (constant self-pollinated lines of different genetic origin) in respect of individual response to phytotoxicity of herbicides. Varietal specificity of maize self-pollinated lines in relation to definite active ingredients of herbicides is determined, promising sources of resistance are identified. Optimal schemes of herbicides application for chemical weeding of hybridization plots and propagation of parental forms of Belarusian maize hybrids are recommended.

**ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КУКУРУЗЫ
ПО СПЕЦИФИЧНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕНОТИПА И ТИПА
ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МУЖСКОЙ СТЕРИЛЬНОСТИ**

В.И. Кравцов, ст.н.с., Е.М. Говор, ст.н.с., Л.П. Шиманский, кандидат с.-х. наук

*РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 18.02.2021)*

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** В статье приведены результаты изучения исходного материала кукурузы (100 селекционных образцов) по реакции на различные типы ЦМС. Исходный материал классифицирован по реакции на С и М типы кукурузы: выделены 32 закрепителя стерильности и 7 восстановителей фертильности С-типа ЦМС, 7 закрепителей стерильности и 57 восстановителей фертильности М-типа ЦМС. Определена возможность использования закрепителей стерильности и восстановителей фертильности различных типов ЦМС в селекционных программах по переводу семеноводства гибридов на стерильную основу.*

Цитоплазматическая мужская стерильность является одним из наиболее эффективных и надежных средств замены удаления метелок при гибридном семеноводстве кукурузы. Кастрация материнской формы и восстановление фертильности будущего гибрида при этом достигается с наименьшей затратой средств по сравнению с другими системами массового получения гибридных семян [1-3]. Практическое использование в селекцию гибридной кукурузы в начале нашли только два типа ЦМС: техасский (Т), молдавский (М). В настоящее время техасский тип стерильности не используется из-за угрозы распространения заболевания – южного гельминтоспороза. Создание гибридов кукурузы отечественной селекции в основном осуществляется на стерильной основе М и С типов стерильности по схеме полного восстановления. Реакция линий на различные типы ЦМС, которая определяется по степени стерильности или фертильности мужских соцветий в потомстве от скрещивания их со стерильными тестерами, является фенотипическим проявлением взаимодействия стерильной цитоплазмы тестера с ядерными генами тестируемой линии [4, 5]. Изучение реакции на ЦМС является первым и необходимым этапом перевода семеноводства на стерильную основу, так как позволяет выбирать наиболее подходящий тип ЦМС для каждого гибрида, обеспечивающий полную стерильность материнских форм на участках гибридизации и наиболее полную и стабильную фертильность в гибридном потомстве.

Методика и объекты исследований. Исследования проводили на опытных полях РНДУП «Полесский институт растениеводства в 2019-2020 гг. По-

сев питомников проводился в оптимальные для кукурузы агротехнические сроки (третья декада апреля – первая декада мая) при достижении физиологической спелости почвы. Учетная площадь делянок 2,45 м² при трехкратной повторности.

Почва опытного участка дерново-подзолистая связносупесчаная. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: рН (KCl) – 5,7, содержание P₂O₅ – 442 мг/кг, K₂O – 284 мг/кг, Ca – 987 мг/кг, Mg – 169 мг/кг почвы, гумуса – 2,71 %. Предшественник – кукуруза. Обработка почвы и технология ухода за посевами – общепринятая под кукурузу, включающая весь комплекс агротехнических мероприятий и мероприятий по химической защите посевов от вредителей и болезней.

Отмечены различия между годами исследований по количеству выпавших осадков и тепловым ресурсам. В целом 2020 г. отличался более низкими температурами в начальный период роста и развития кукурузы (апрель – май), чередующимися засухами во второй половине вегетации, и, в целом, недостаточной влагообеспеченностью за весь период вегетации по сравнению с 2019 г. (рисунок 1).

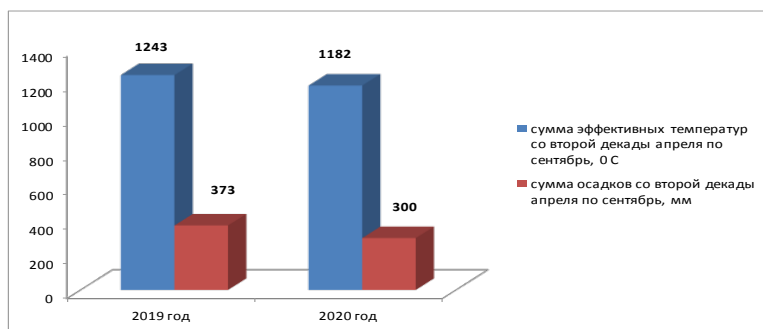


Рисунок 1 – Метеорологические условия вегетационных периодов 2019-2020 гг.

Объекты исследований – селекционные образцы и гибриды кукурузы селекции РНДУП «Полесский институт растениеводства».

Метод определения реакции линий кукурузы на ЦМС основан на результатах тесткроссов между оцениваемой линией и стерильным тестером с заведомо известным типом ЦМС. Описание цветения каждого растения одной комбинации проводится дважды – в период массового появления пестичных нитей початка и после цветения початков, анализ степени фертильности – по 7 бальной шкале Г.С. Галеева:

0 – полная стерильность, пыльники сильно дегенерированы, не содержат жизнеспособной пыльцы и не выходят из колосков;

1 – в период цветения единичные пыльники (до 12 %) выходят из колосков, но они остаются закрытыми;

2 – в период цветения пыльники выходят из колосков (до 25 %), но они остаются закрытыми;

3 – единичные пыльники открыты и выбрасывают пыльцу, метелка мужского соцветия до 37 % стерильна;

4 – до 50 % пыльников на соцветии нормально развиты, хорошо пылят, образуют много пыльцы;

5 – стерильны единичные пыльники;

6 – все пыльники открыты и пылят, цветение проходит нормально.

Баллы 0, 1, 2 соответствуют полному закреплению стерильности мужских соцветий кукурузы. Баллы 3, 4 соответствуют неполному закреплению стерильности и восстановлению фертильности мужских соцветий кукурузы. Баллы 5 и 6 соответствуют полному восстановлению фертильности мужских соцветий кукурузы

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ цветения метелок гибридов F_1 (стерильный тестер \times изучаемая линия) показал различный количественный состав закрепителей стерильности и восстановителей фертильности по каждому типу. За два года изучения из 42 образцов в гибридах на С-типе ЦМС 32 (76,2 %) образца стабильно сохраняли стерильность, 7 (16,7 %) образцов полностью восстанавливали фертильность, 2 (4,8 %) образца частично восстанавливали фертильность (таблица 1). У тесткросса с селекционным образцом *СП017/184* в 2019 г. отмечалась стерильность пыльцы, а в 2020 г. небольшой выход пыльников с открытыми порами и высыпающейся пыльцой.

Таблица 1 – Реакция селекционных образцов кукурузы на типы ЦМС (Криничный)

Тип ЦМС	Изучено образцов, шт.	2019 г.		2020 г.	
		шт.	%	шт.	%
Закрепители стерильности					
С	42	32	76,2	33	78,5
М	100	16	16,0	20	20,0
Полувосстановители фертильности					
С	42	3	7,1	2	4,8
М	100	25	25,0	23	23,0
Восстановители фертильности					
С	42	7	16,7	7	16,7
М	100	59	59,0	57	57,0

По сравнению с С-типом ЦМС в исследованиях на М-тип ЦМС более стабильно сохранялась восстановительная способность фертильности пыльцы в гибридных комбинациях. Так, из 100 исследуемых образцов 57 стабильно восстанавливали фертильность. Способность закреплять стерильность варьировала по годам исследования: в гибридных комбинациях с 22 селекционными образцами в разные годы наблюдались стерильные или полужерильные пыльники на метелках. Стабильно стерильными были тесткроссы с 7 селекционными образ-

цами. У гибридов с 9 селекционными образцами с молдавским типом ЦМС в 2019 г. метелки образовывали пыльники, которые не раскрывались, в 2020 г. происходил выброс пыльников с открытой порой по всей метелке и высыпание пыльцы. 13 селекционных образцов проявили себя в гибридах в 2019 г. как частичные восстановители фертильности, а в 2020 г. как закрепители стерильности.

Бальная оценка позволила выделить образцы с самой низкой фертильностью и формы с высокой восстановительной способностью. За два года наблюдений за цветением метелок в тесткроссных скрещиваниях на С-типе ЦМС 26 селекционных образцов показали 100 % стерильность с баллом 0 (таблица 2). Метелки шести образцов в скрещиваниях выбрасывали стерильные пыльники (балл 1 и 2), 7 форм в скрещиваниях стабильно восстанавливали фертильность на 95-100 %.

Таблица 2 – Классификация исходного материала кукурузы по степени проявления ЦМС С-типа (Криничный)

Реакция линий на ЦМС	Количество образцов		Оценка в баллах	Характеристика проявления признака
	2019 г.	2020 г.		
Закрепитель стерильности	26	26	0	Полная стерильность
	2	6	1	Единичные пыльники (до 12%) закрыты
	4	1	2	Пыльники (до 25 %) закрыты
Полувосстановитель фертильности	2	1	3	Единичные пыльники открыты (до 37%)
	1	1	4	50 % пыльников открыто
Восстановитель фертильности	1	0	5	Стерильны единичные пыльники
	6	7	6	Все пыльники открыты

Анализ результатов классификации линий кукурузы по проявлению ЦМС С-типа стерильности позволяет сделать вывод: изученные линии характеризуются высокой концентрацией гомозиготных рецессивных генов восстановления фертильности *rf4*, *rf5* и *rf6*.

В тесткроссных гибридах М-типа ЦМС выделены 7 закрепителей стерильности, которые в различные годы исследований сохраняли полную стерильность гибридного потомства (таблица 3). У гибридов 9 образцов в 2019 г. метелки образовывали пыльники, которые не раскрывались, в 2020 г. происходил выброс пыльников с открытой порой и высыпание пыльцы. 13 образцов, которые в гибридах проявили себя в 2019 г. как частичные восстановители фертильности, в 2020 г. показали себя как закрепители стерильности.

На основании результатов по изучению реакции селекционного материала кукурузы на М-тип ЦМС можно утверждать, что изученные селекционные образцы характеризуются высокой концентрацией гомозиготных доминантных генов восстановления фертильности *Rf3*. Изменчивость по полноте стерильности

Таблица 3 – Классификация исходного материала кукурузы по степени проявления ЦМС М-типа (Криничный)

Реакция линий на ЦМС	Количество линий		Оценка в баллах	Характеристика проявления признака
	2019 г.	2020 г.		
Закрепитель стерильности	-	5	0	Полная стерильность
	6	9	1	Единичные пыльники (до 12%) закрыты
	10	6	2	Пыльники (до 25 %) закрыты
Полувосстановитель фертильности	-	8	3	Единичные пыльники открыты (до 37%)
	25	15	4	50 % пыльников открыто
Восстановитель фертильности	19	17	5	Стерильны единичные пыльники
	40	40	6	Все пыльники открыты

изучаемых комбинаций позволяет предположить, что неполная стерильность определяется влиянием в определенных условиях рецессивных генов модификаторов на действие основных генов, ответственных за проявление этого признака.

В результате наблюдений за цветением гибридов на С и М типах ЦМС были выделены универсальные закрепители стерильности: *СП 017/11, СП 017/14, СП 017/15, СП 017/22, СП 017/78, СП 017/200*; восстановители фертильности обоих типов: *СП 017/185, СП 017/188, СП 017/190, СП 017/194. СП 017/203* проявила себя как закрепитель стерильности с тестерами М-типа, но растения гибридных комбинаций с тестерами С-типа имели 100 % фертильность. Закрепители стерильности С типа *СП 017/17, СП 017/26, СП 017/27, СП 017/82, СП 017/183* на М цитоплазме проявили себя как восстановители фертильности.

Выводы

1. Исходный материал классифицирован по реакции на С и М типы ЦМС кукурузы: выделены 32 закрепителя стерильности и 7 восстановителей фертильности С-типа ЦМС, 7 закрепителей стерильности и 57 восстановителей фертильности М-типа ЦМС.

2. Изученные селекционные образцы характеризуются высокой концентрацией гомозиготных доминантных генов восстановления фертильности *Rf3* и гомозиготных рецессивных генов восстановления фертильности *rf4*, *rf5* и *rf6*.

3. Определена возможность использования закрепителей стерильности и восстановителей фертильности различных типов ЦМС в селекционных программах по переводу семеноводства гибридов на стерильную основу.

Литература

1. *Галеев, Г.С.* Итоги изучения и селекционного использования цитоплазматической мужской стерильности кукурузы / Г.С. Галеев. // Селекция растений с использованием цитоплазматической мужской стерильности. – Киев: Урожай, 1966. – С. 32-48.

2. Гонтаровский, В.А. Изучение реакции самоопыленных линий кукурузы на ЦМС паргвайского типа / В.А. Гонтаровский, Л.В. Кирикашвили // Селекция и семеноводство кукурузы. – Днепропетровск, 1986. – С. 35-40.

3. Мику, В.Е. Изучение и использование ЦМС в селекции и семеноводстве кукурузы / В.Е. Мику, Е.К. Партаc // Селекция и семеноводство раннеспелых гибридов кукурузы. – Кишинев, 1991. – С. 149-162.

4. Мику, В.Е. Реакция линий кукурузы на различные типы и источники ЦМС / В.Е. Мику, Е.К. Партаc // Создание гибридов кукурузы и сорго и технология их возделывания. – Кишинев, 1992. – С. 58-65.

5. Партаc, Е.К. Стабильность и изменчивость проявления ЦМС у гибридов кукурузы / Е.К. Партаc // Создание гибридов кукурузы и сорго и технология их возделывания. – Кишинев. – 1992. – С. 65-72.

**STUDY OF MAIZE INITIAL MATERIAL IN TERMS OF SPECIFIC
INTERRELATION OF GENOTYPE AND TYPE OF CYTOPLASMIC MALE STERILITY**
V.I. Kravtsov, E.M. Govor, L.P. Shimansky

The article states the results of the study of maize initial material (100 breeding samples) in terms of the reaction to different CMS types. The initial material is classified in accordance with the reaction into C and M types of maize: 32 sterility fixers and 7 fertility restorers of CMS C-type, 7 sterility fixers and 57 fertility restorers of CMS M-type are identified. The possibility to use sterility fixers and fertility restorers of different CMS types in breeding programs on transferring seed production of hybrids to sterile basis is established.

УДК 633.854.78:631.527

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИВЕРГЕНЦИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ
ПОДСОЛНЕЧНИКА**

Шиманский Л.П., кандидат с.-х., **Туровец О.А.**, ст.н.с., **Говор Е.М.**, ст.н.с.

РНДУП «Полесский институт растениеводства»

(Поступила 26.03.2021)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье приведены результаты изучения селекционного материала подсолнечника по генотипическим различиям и установлению взаимосвязи между молекулярной, фенотипической дивергенцией самоопыленных линий и урожайностью гибридов первого поколения. Метод электрофореза запасных белков и генетические дистанции Нея-Ли и Махаланобиса, рассчитанные по качественным фенотипическим признакам, можно использовать для идентификации и классификации самоопыленных линий подсолнечника. Более урожайные гибриды получены при скрещивании линий, имеющих различия по морфологическим и генетическим признакам.

Современная селекция растений, в том числе и селекция подсолнечника, основана на широком использовании всего генетического потенциала вида. Для повышения эффективности селекционных работ большое значение имеет изу-

чение генетического разнообразия и классификация исходного материала, позволяющие привести его в определенную систему для более рационального использования [6].

Основа классификации и идентификации – наличие изменчивости, т.е. генетического полиморфизма. В большинстве случаев идентификацию сортов, линий и гибридов подсолнечника проводят по морфологическим признакам. По таким признакам не всегда удается идентифицировать близкие по происхождению образцы, выявить скрытую генетическую изменчивость и осуществить контроль однородности исходного материала. Число морфологических признаков ограничено и они не всегда стабильны [4]. Более информативным и стабильно воспроизводимым является метод электрофореза запасных белков и изоферментов [1, 2, 3, 5]. Благодаря его использованию стали возможны и значительные успехи в области генетики и селекции подсолнечника. Наиболее ранние работы зарубежных исследователей (M. Durante, R. Bernardi, 1989; J. Raymond, 1991, Quillet, 1992, Н.Н. Анисимова, 1992), выполненные с их привлечением, касались оценки характера межвидовых связей, изучения геномного состава и эволюции рода *Helianthus*. Результаты этих исследований указывают на возможность использования запасных белков и изоферментов в селекции и семенном контроле [7, 8]. В дальнейшем, в связи с интенсивным развитием в селекции линейно-гибридизационного метода, большое значение приобрел поиск молекулярных маркеров, позволяющих оценивать генетическую чистоту самоопыленных линий, определять гибридность семян и идентифицировать индивидуальные генотипы, а также осуществлять подбор родительских форм при гибридизации с целью создания высокогетерозисных межлинейных гибридов подсолнечника.

Методика и объекты исследований. Полевые опыты проведены в РНДУП «Полесский институт растениеводства» (п. Криничный), лабораторные исследования в лаборатории электрофореза согласно утвержденным методикам. В качестве объектов исследований использованы 30 самоопыленных линий подсолнечника из рабочей коллекции и 45 гибридов первого поколения.

Качественные морфологические признаки учитывали визуально и кодировали по трехбалльной системе. Генетическая дивергенция испытанных линий подсолнечника рассчитывалась как генетическая дистанция (дистанции Махаланобиса, дистанции Нея - Ли). Генетические дистанции обрабатывали кластерным анализом. По матрицам обоих типов построены эволюционные деревья связей между линиями (дендрограммы).

Выделение и электрофорез гелиантинина проводились по «Методике идентификации семян подсолнечника с использованием электрофореза гелиантинина» (ВИР, 1988). В качестве метода математической обработки результатов электрофореза вычисляли коэффициент подобия (КП) при попарном анализе по Жаккарду.

Статистическая достоверность экспериментальных данных определялась с помощью дисперсионного анализа, параметры варьирования и коэффициент корреляции по методике Г.Ф. Лакина (1990).

Результаты исследований и их обсуждение. Для морфологического описания линий подсолнечника были использованы 16 признаков, которые кодировались по трехбалльной системе. Все качественные (дискретные) и количественные (морфометрические) признаки растений оценивались визуально. Генетические дистанции Нея – Ли, рассчитанные по трехбалльной матрице качественных и количественных признаков для всех возможных пар, варьировали в пределах 0,0625-0,8750. Кластерный анализ генетических дистанций Нея-Ли позволил разделить линии на 6 кластеров (рисунок 1). Девять линий не вошли ни в один из кластеров, что указывает на генетическую отдаленность данных линий. В первый кластер вошли 5 линий. Линии *Ex-81ок* и *Ex-68*, *ВКУ-138В* и *ОПСР-58-07* попарно связаны между собой, генетические дистанции между ними составляют 0,0625 и 0,1875. Во второй кластер вошли 4 линии (*ЛВ-636В*, *ВКУ-64В*, *ЛВ-631В*, *Гел-2*). Линии *Л-24л*, *ЛВ-581В*, *Олг-1*, *Гел-1* попали в третий кластер. Генетические дистанции между линиями внутри кластера составляют 0,1250-0,3125. Линия *Ex-81мк*, не вошедшая ни в один из кластеров, проявила отдаленную связь с линиями второго и третьего кластеров (0,3125). Линии *ЛВ-437В*, *ОПСР-54-07*, *ИЗ-6*, *ИЗ-4* составляют четвертый кластер. С линиями четвертого кластера имеет отдаленную связь линия *РДЛ-2* (0,3225). В пятый и шестой кластеры входят по две взаимосвязанные линии – *Агт* и *ЭЛЗ-19* (0,2500), *Л-51е* и *Г-3583* (0,1875). Из всего изученного материала отдельно расположена линия *Он-55*, которая не попала ни в один из кластеров, что указывает на генетическую отдаленность данной линии от других.

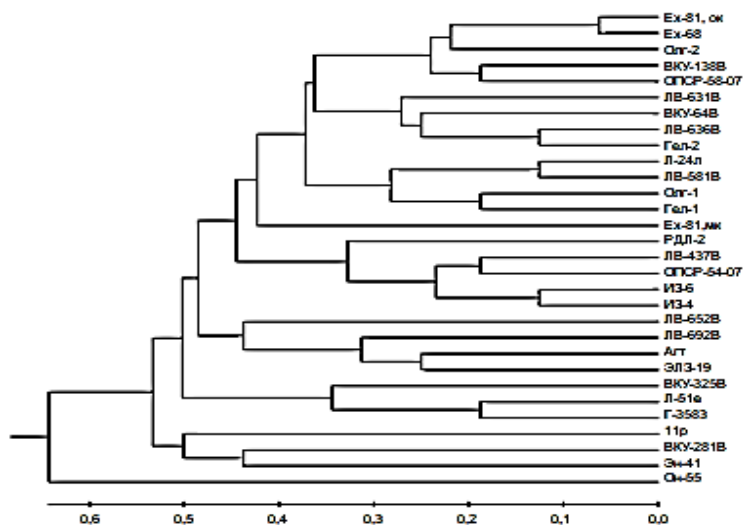


Рисунок 1 – Дендрограмма связей между самоопыленными линиями подсолнечника по дистанциям Нея – Ли

Дистанции Махаланобиса, рассчитанные по совокупным оценкам, варьировали в пределах 1,00-4,80. Линии были сгруппированы в 7 кластеров (рисунок 2). Распределение линий по кластерам по данным расчета генетических дистанций Нея-Ли, в основном подтверждается данными дендрограммы дистанций Махаланобиса. Однако наблюдаются и несоответствия. В первый кластер попали 5 линий – *Ех-81ок*, *Ех-68*, *Олг-2*, *ВКУ-138В*, *ОПСР-58-07*. Наименьшая генетическая дистанция наблюдалась между линиями *Ех-68* и *Ех-81ок* и составила 1,00, что указывает на идентичность данных линий. Минимальные генетические дистанции отмечены между линиями *ВКУ-138В* и *ОПСР-58-07* (1,41), *Ех-81ок* и *Олг-2* (1,73), *Ех-81ок* и *ОПСР-58-07* (1,73). Линии *ЛВ-636В*, *ВКУ-64В*, *ЛВ-631В*, *Гел-2* составляют второй кластер. В третий кластер вошли 4 линии (*Л-24л*, *ЛВ-581В*, *Олг-1*, *Гел-1*). Генетические дистанции между линиями внутри кластера составляют 1,41-2,24. Линия *РДЛ-2* при расчете генетических дистанций Нея-Ли не попала ни в один из кластеров, согласно же дендрограммы связей по дистанциям Махаланобиса – в четвертый кластер вместе с линиями *ЛВ-437В*, *ОПСР-54-07*, *ИЗ-6* и *ИЗ-4*. Линия *Агт*, имеющая тесную связь, согласно расчетам дистанций Нея-Ли, с линией *ЭЛЗ-19*, не попала ни в один из кластеров и расположена на дендрограмме связей Махаланобиса отдельно. Между линиями *ЛВ-692В*, *ЭЛЗ-19*, вошедшими в пятый кластер, отмечена тесная взаимосвязь (2,24). В отдельный кластер попали две линии *Ипр* и *Эн-41*. Линии *ВКУ-325*, *Л-51е*, *Г-3583* составляют седьмой кластер, дистанции между ними находятся в пределах 1,73-2,65. Линии *ВКУ-281*, *ЛВ-652В*, *Он-55* по данным дендрограммы не вошли ни в один из кластеров. Линии *Он-55* и *Л-652В* попарно связаны между собой, но рассчитанное генетическое расстояние между ними на уровне 3,46 свидетельствует об их отдаленном родстве.

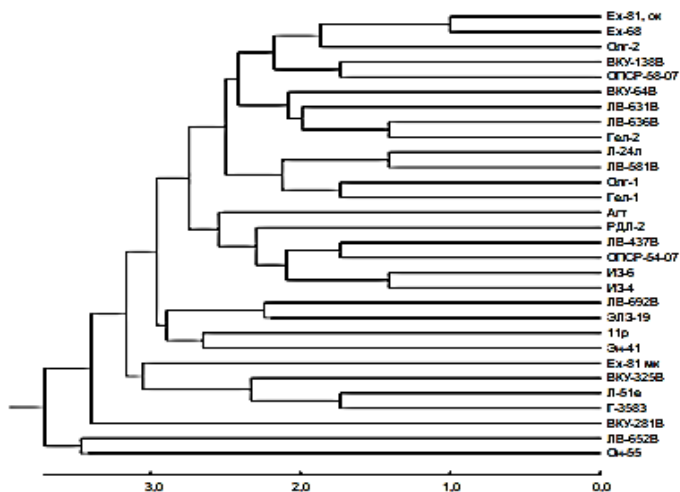


Рисунок 2 – Дендрограмма связей между самоопыленными линиями подсолнечника по дистанциям Махаланобиса

Коэффициент корреляции между генетическими расстояниями, рассчитанными по Нею-Ли и Махаланобису, составляет $0,79 \pm 0,03$, что указывает на сильную корреляционную связь между величинами.

Изменчивость гелиантинина семян подсолнечника генетически детерминирована. Структура получаемого электрофоретического спектра запасных белков не имеет модификационной изменчивости и отражает конкретное проявление гена или блока генов, и потому может служить модельным признаком. В исследованиях изучался компонентный состав спектров гелиантинина 30 самоопыленных линий подсолнечника.

Линии обладали специфическим распределением компонентов гелиантинина в миграционной зоне электрофоретического спектра (рисунок 3).

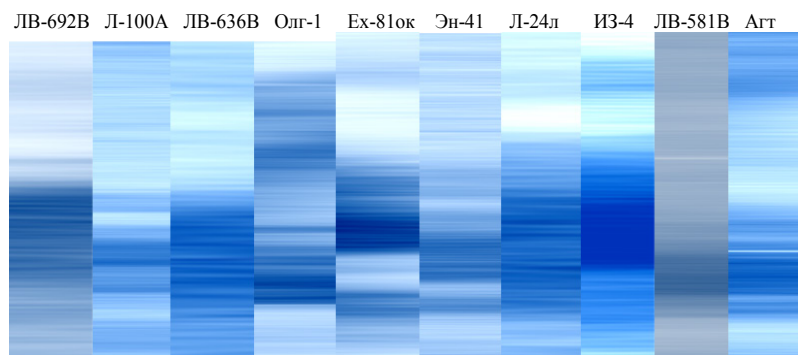


Рисунок 3 – Проявление компонентов электрофоретических спектров гелиантинина семян самоопыленных линий подсолнечника

Суммарный электрофоретический спектр полипептидов гелиантинина подсолнечника содержит до 33 главных и минорных компонентов. Зона основных полипептидов гелиантинина включает компоненты 1-16, зона кислых – компоненты от 17 до 33. Компоненты 3, 10, 24, 28, 29 являются реперными, их присутствие в спектрах гелиантинина обязательно. К числу довольно распространенных компонентов относятся 1, 2, 4, 5, 11, 12, 17, 19, 20 с частотой встречаемости 63,3-90,0 %. К редким компонентам можно отнести 23 и 31 с частотой встречаемости 13,3-16,7 %. Компоненты 22 и 27 можно наблюдать в спектрах двух линий. Отдельные полипептиды гелиантинина были выражены в разной степени. Интенсивность компонентов, так же как и их наличие-отсутствие, служат характеристикой генотипа.

В качестве метода математической обработки результатов электрофореза вычисляли коэффициент подобия (КП) при попарном анализе по Жаккарду. Коэффициент подобия колебался в пределах от 0 до 69,23 %. На основании полученных данных составлена матрица генетических расстояний. По результатам анализа коэффициента подобия построена дендрограмма генетических связей самоопыленных линий подсолнечника (рисунок 4).

Наибольшее значение коэффициента подобия (КП) отмечено между линиями *ИЗ-4* и *Л-51е* (69,23), *ИЗ-4* и *Гел-1* (64,00), *ОПСР-58-07* и *Ех-81мк* (64,71), что указывает на близкое родство линий между собой. КП, равный 0, отмечен между линиями *ИЗ-6* и *ЛВ-652В*. Низкий уровень КП наблюдался между линиями *ЛВ-636В* и *ЛВ-652В* (3,70), *РДЛ-2* и *ОПСР-54-07* (4,17), *ЛВ-652В* и *Он-55* (8,33), что может указывать на различное генетическое происхождение данных линий.

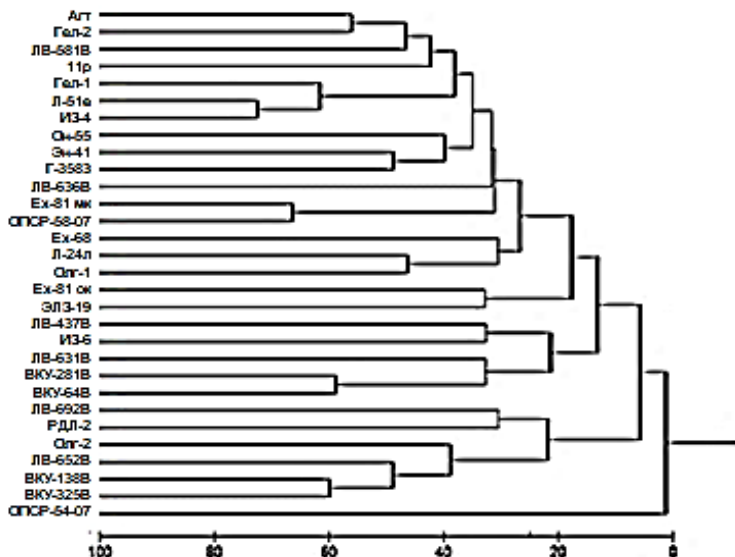


Рисунок 4 – Дендрограмма генетических связей самоопыленных линий подсолнечника

Для определения степени влияния генетической дивергенции родительских линий при подборе пар в создании высокогетерозисных гибридов были определены корреляционные связи между генетическими дистанциями родительских линий, урожайностью и масличностью гибридов, полученных в диалельной схеме, и уровнем гетерозиса по данным признакам.

Проведенный корреляционный анализ показал среднюю положительную корреляцию между урожайностью гибридов и генетическими дистанциями Нея-Ли ($r = 0,53 \pm 0,13$), Махаланобиса ($r = 0,48 \pm 0,13$) (таблица 1). Связь между коэффициентом подобия компонентов гелиантинина и урожайностью гибридов была отрицательной средней силы на уровне $r = -0,41 \pm 0,14$. Корреляционный анализ между уровнем проявления гетерозиса по масличности и величиной генетических дистанций родителей не выявил статистически достоверных связей.

Выявлена тенденция, что более урожайные гибриды получены при скрещивании линий, имеющих различия по морфологическим и генетическим признакам. Это подтверждается анализом продуктивности скрещиваний одной ма-

теринской стерильной формы *Л-100А* с 16 отцовскими линиями, различающимися по спектру полипептидов гелиантинина.

Таблица 1 – Коэффициент корреляции между генетическими дистанциями, признаками урожайности, масличности и уровнем гетерозиса по этим признакам

	Год	Урожайность		Содержание масла в семенах	
		ц/га	уровень гетерозиса, %	%	уровень гетерозиса, %
КП по Жаккарду	2017	-0,34±0,15	-0,24±0,16	0,26±0,15	0,15±0,16
	2018	-0,41±0,14	-0,27±0,15	0,21±0,15	0,23±0,15
GD Махаланобиса	2017	0,45±0,14	0,28±0,15	-0,44±0,14	-0,39±0,15
	2018	0,48±0,13	0,27±0,15	-0,49±0,13	-0,40±0,14
GD Нея-Ли	2017	0,51±0,14	0,27±0,15	-0,35±0,15	-0,27±0,15
	2018	0,53±0,13	0,30±0,15	-0,45±0,14	-0,25±0,15

Коэффициент подобия (КП) между родительскими линиями гибридов подсолнечника варьировал в пределах от 10,53 до 41,18 (таблица 2). Наибольшая урожайность была получена в гибридных комбинациях тестерной линии *Л-100А* с линиями *ЛВ-631В* (49,0 ц/га), *ЛВ-652В* (48,0 ц/га) и *Он-55* (47,5 ц/га), наименьшая – с участием линий *ВКУ-325В* (26,4 ц/га), *Ает* (30,4 ц/га) и *Гел-1* (31,9 ц/га). По результатам корреляционного анализа между КП и урожайностью выявлена сильная отрицательная взаимосвязь – $r = -0,71 \pm 0,13$. Проведенный анализ показал среднюю отрицательную корреляцию между уровнем гетерозиса по урожайности и коэффициентом подобия ($r = -0,51 \pm 0,16$). Между масличностью, уровнем гетерозиса по масличности и значением КП заметной корреляции не выявлено ($r = 0,27 \pm 0,18$ и $r = 0,28 \pm 0,18$ соответственно).

Вероятность получения высокоурожайных гибридов при гетерозисной селекции возрастает с увеличением значений генетических дистанций между родительскими компонентами.

Выводы

1. Метод электрофореза запасных белков и генетические дистанции Нея-Ли и Махаланобиса, рассчитанные по качественным фенотипическим признакам, можно использовать для идентификации и классификации самоопыленных линий подсолнечника.

2. Более урожайные гибриды получены при скрещивании линий, имеющих различия по морфологическим и генетическим признакам

3. Изученная маркерная система имеет потенциал для идентификации линий подсолнечника, а данные о зависимости генетических дистанций и урожайности могут быть использованы в дальнейшей работе для планирования эффективных скрещиваний в селекции подсолнечника.

Таблица 2 – Коэффициент подобия между родительскими компонентами и уровень гетерозиса в простых межлинейных гибридах подсолнечника

Гибридная комбинация	Урожайность		Содержание масла в семенах		КП (коэффициент подобия)
	ц/га	уровень гетерозиса, %	%	уровень гетерозиса, %	
Л-100А×ЛВ-636В	45,9	173,2	34,0	10,0	19,23
Л-100А×ЛВ-631В	49,0	206,3	32,3	4,9	22,22
Л-100А×ЛВ-652В	48,0	105,1	31,9	7,8	25,00
Л-100А×ЛВ-692В	43,2	127,4	33,9	15,3	20,00
Л-100А×ЛВ-581В	39,1	92,6	33,5	10,2	39,13
Л-100А×ЛВ-437В	44,8	160,5	32,2	6,6	10,53
Л-100А×Он-55	47,5	117,9	29,9	5,3	21,74
Л-100А×Олг-1	46,1	191,8	32,8	0	19,05
Л-100А×Агт	30,4	71,8	34,4	25,5	36,84
Л-100А×11р	46,0	127,7	33,3	20,2	16,67
Л-100А×Л-24л	37,2	100,0	34,9	14,4	33,33
Л-100А×ОПСР-58-07	37,7	165,5	33,4	13,6	25,00
Л-100А×ВКУ-138В	43,3	132,8	36,1	19,9	26,32
Л-100А×ВКУ-325В	26,4	127,6	33,9	12,3	41,18
Л-100А×Гел-1	31,9	67,0	29,9	0,3	23,81
Л-100А×РДЛ-2	34,5	98,3	28,2	-0,7	26,32

Литература

1. Аксёнов, И.В. Использование белковых спектров в процессе отбора и создания исходного материала подсолнечника / И.В. Аксенов // Научно-технический бюллетень Института культуры НААН. – 2014. – Вып.20. – С.21-32.
2. Анисимова, И.Н. Идентификация, анализ и регистрация сортов, линий и гибридов подсолнечника методом электрофореза гелиантина / И.Н. Анисимова // Методич. указания (под ред. И.П.Гаврилюк). – Л.: ВИР. – 1988. – 21 с.
3. Анисимова, И.Н. Идентификация сортов, линий и гибридов подсолнечника по составу полипептидов гелиантина / И.Н.Анисимова // Тр.прикл.бот.ген.сел. – 1987. – Т. 114. – С. 114-125.
4. Гронин, В.В. Идентификация растений инбредных линий подсолнечника по признакам определителя UPOV / В. В. Гронин. // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ – <http://www.ej.kubagro.ni/2006/01/09/>
5. Гронин, В.В. Стабильность морфометрических признаков родительских линий гибридов подсолнечника под модифицирующим влиянием условий внешней среды / В. В. Гронин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: матер.7-й региональной науч.-практ. конф. молодых ученых (Краснодар, 8-9 декабря 2005 г.). – Краснодар. – С. 82-83.
6. Дьяков, Л.Б. Выявление и изучение маркерных признаков у родительских линий и гибридов подсолнечника / А.В.Дьяков, Т.А. Васильева, В.В. Пронин // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. — Вып. 124. – Краснодар, 2001. – С. 8-11.
7. Конарев, В.Г. Белки растений как генетические маркеры. – М.:Колос, 1983. – 319 с.
8. Конарев, В.Г. Белковые маркеры в сортовой идентификации генетических ресурсов культурных растений / В.Г.Конарев // Тр. прикл. Бот. ген. сел. ВНИИ растениевод. – 1987. – Т. 114. – С. 3-14.

GENETIC DIVERGENCE OF SUNFLOWER SELF-POLLINATED LINES

Shimansky L.P., O.A. Turovets, E.M. Govor

The paper demonstrates the results of the research on sunflower breeding material in terms of genotypic differences and establishing the interrelation between molecular, phenotypic divergence and yield of first generation hybrids. Storage protein electrophoresis technique and Nei's-Li's and Mahalanobis genetic distances calculated in terms of phenotypic traits can be applied for identification and classification of sunflower self-pollinated lines. Hybrids with a higher yield were obtained due to crossing lines, differing in morphological and genetic traits.

УДК 633.174.1:631[526.32+527]

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА СОРГО САХАРНОГО ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ

В.Л. Копылович, Н.М. Шестак, кандидаты с.-х. наук

РНДУП «Полесский институт растениеводства»

(Поступила 31.03.2021)

Рецензент: Надточаев Н.Ф., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *Представлены результаты комплексного изучения коллекции сорго сахарного. Проведена оценка хозяйственно-ценных признаков сортообразцов. Изучение коллекционного материала сорго кормового направления позволило выделить 6 образцов с высокой продуктивностью сухого вещества, 4 скороспелых образца. Выявлено значительное варьирование основных хозяйственно-ценных признаков, позволяющее использовать их в практической селекции по тем или иным направлениям с целью создания новых сортов и гибридов.*

Сорго, как универсальная кормовая культура, обладает ценными хозяйственно-биологическими признаками – высокой урожайностью зеленой массы с отличными качественными показателями, засухоустойчивостью, способностью формировать стабильные урожаи на песчаных почвах, отавностью, универсальностью использования и другими полезными свойствами [1, 2].

Наиболее актуально возделывание сорго в засушливых условиях южной части Беларуси. Оптимальный тепловой режим для сорго с начала стеблевания и до созревания создается при средней температуре воздуха от 27 до 32 °С с минимумом 14-15 °С. Для получения хороших урожаев в оптимальные сроки скороспелые сорта должны получать за вегетацию не меньше 2000-2300 °С, позднеспелые – 2400-3000 °С (с уровнем тепла не ниже 10 °С). Кроме того что сорго исключительно теплолюбивое растение, оно еще и наиболее засухоустойчивое. Среди полевых культур почти не встречается равных ему по способности переносить длительные засухи. Высокая засухоустойчивость культуры связана с особенностями корневой системы, которая уже в первые фазы энергично разрастается, значительно опережая надземную массу. Причем растут и работают все 3 типа корней: зародышевые (первичные), узловые (вто-

ричные) и воздушные, образующиеся в фазе стеблевания из нижних надземных узлов стебля. Узловые корни обладают способностью проникать на глубину до 2 м и более, достигая влажных горизонтов. Во время сильных засух в корнях образуется защитный кремниевый слой, предохраняющий их от высыхания. Ту же роль играет восковой налет на стеблях и листьях растений. Кроме того, испаряющая поверхность листьев примерно вдвое ниже, чем у кукурузы, и благодаря ксерофитной структуре они не тратят на свое охлаждение лишнюю воду [3, 4].

Сорго продолжает расти, несмотря на сильную жару, низкую влажность воздуха и суховеи. Когда почва полностью пересыхает, растения впадают в состояние покоя, прекращают рост и развитие и после выпадения осадков снова переходят к активной жизнедеятельности [5].

Условия и методика проведения исследований. Опыты проводили в 2017-2019 гг. на полях РНДУП «Полесский институт растениеводства» в п. Криничный Мозырского района. Почва дерново-подзолистая супесчаная, слабооподзоленная, развивающаяся на супесях, подстилаемых с глубины 140-170 см мореным суглинком, содержание гумуса 1,45 %, pH 6,25-6,45. Обеспеченность макро- и микроэлементами: содержание подвижного фосфора P_2O_5 – 185-216 мг/кг, подвижного калия K_2O – 148-152 мг/кг, бора – 0,65-1,0 мг/кг почвы. Предшественник – ячмень на зерно. Обработка почвы включала в себя лущение стерни на глубину 15 см БДТ-3, вспашку на глубину 20 см плугом ППО-5-40, культивацию культиватором КПС-4 и предпосевную подготовку почвы агрегатом АКШ-3,6. Минеральные удобрения вносили в дозе $N_{100}P_{60}K_{90}$. Калийные (хлористый калий) и фосфорные удобрения (аммонизированный суперфосфат) вносили осенью. Способ сева – широкорядный с шириной междурядий 70 см, глубина заделки семян 3-4 см.

Уборка урожая зеленой массы растений проводилась вручную. При закладке опыта руководствовались методикой полевого опыта Б.А. Доспехова; при проведении наблюдений и учетов методическими указаниями полевого опыта для кормовых культур. Фенологические наблюдения и морфологические измерения проводили в соответствии с методиками Е.С. Якушевского (1982) и Госсорткомиссии (1985) [6, 7, 8].

Урожайность надземной биомассы устанавливали при взвешивании учетного снопа. Суммарный состав моно- и дисахаров в соке стеблей сахарного сорго в полевых условиях определяли портативным рефрактометром RL-2.

Коллекционный питомник представлен 50 сортами и гибридами молдавской, украинской, российской селекции, а также собственными сортообразцами. Питомник предназначен для первичного изучения нового материала и отборов для закладки селекционных питомников. В качестве контроля через 5 образцов высевали сорт *Славянское приусадебное*. В течение вегетации 2017-2019 гг. образцы сорго описывали по морфологическим признакам согласно методике УПОВ.

Результаты исследований и их обсуждение. Культура сорго отличается низкими темпами роста на начальных стадиях развития. Это ослабляет их кон-

курентоспособность по отношению к сорнякам, повышает засоренность посевов и приводит к снижению урожайности. По интенсивности стартового роста в наших условиях изучаемые образцы сорго сахарного отнесены к средней группе: за 30 дней от всходов прирост растений составлял 46-60 см. Лишь 2 сорта-образца – *Порумбень 4* и *К-9427* имели прирост менее 45 см (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика лучших сортообразцов сахарного сорго (среднее за 2017-2019 гг.)

Сортообразец	Происхождение	Интенсивность стартового роста*	Кустистость, штук стеблей на 1 растение	Высота стебля, см	Вегетационный период, дней
Славянское приусадебное (контроль)	Россия	средняя	2,7	212	141
СП №22	Россия	средняя	3,0	277	132
Порумбень 4	Молдова	низкая	2,9	279	154
СП №1	Беларусь	средняя	3,0	192	153
СПВС №14	Беларусь	средняя	3,3	254	138
К-9427	Украина	низкая	3,2	215	128
Молдавское красное	Молдова	средняя	3,1	191	140
СП-520-3в	Беларусь	средняя	3,0	187	132
СП-512-6в	Беларусь	средняя	2,7	197	136
СП-520	Россия	средняя	2,7	220	128
НГ	Молдова	средняя	2,7	258	139
СВ1V2- 7а	Украина	средняя	3,5	270	122
СП №13	Беларусь	средняя	3,5	194	140
Приусадебное В	Россия	средняя	3,5	207	120
СВ1V2-23	Беларусь	средняя	3,0	257	120
СП-520-15	Беларусь	средняя	3,1	225	140
СПР №2	Беларусь	средняя	3,0	197	136
СП-517	Россия	средняя	2,7	221	132
Среднее по группе			3,0	225	133

* – низкая от 30-45 см за 30 дней; средняя – 46-60 см за 30 дней вегетации.

Другим важным показателем является кустистость, которую определяли путем отношения числа всех стеблей к числу растений на учетной площади. Кустистость у сорго зависит от сорта и условий выращивания. Кустовые формы образуют от 2 до 4 и более вполне развитых стеблей, отходящих от узла кущения. По результатам учетов сортообразцы в среднем за 3 года имели показатели кустиности на уровне 2,7-3,5 стеблей/растение. По данному признаку все изучаемые сортообразцы были равны или превысили контрольный сорт на 0,1-0,8 стеблей/растение. Выше средней по коллекции кустиность была у 7 образцов.

Высота растений лучших сортообразцов сахарного сорго варьировала в пределах 187-279 см. По данному признаку стандарт превысили 11 сортообраз-

цов. Сортообразцы *Порумбень 4*, *СП №22*, *СВ1V2* в среднем за 3 года имели высоту более 270 см.

В наших условиях наиболее важным направлением в селекции является отбор скороспелых сортообразцов. Вегетацию сорго можно разделить на 3 основные стадии продолжительностью ориентировочно по 40-45 дней каждая. Первая стадия – это стадия вегетативного роста, которая длится от всходов до начала формирования на стебле репродуктивных органов. Вторая стадия продолжается до фазы цветения. Третья стадия длится от цветения до завершения накопления сухого вещества в зерне. У сорта-контроля *Славянское приусадебное* фаза полной спелости наступала на 141 день. Сортообразцы *К-9427*, *СП-520*, *СВ1V2 7а*, *Приусадебное В*, *СВ1V2-23* оказались наиболее раннеспелыми: их вегетационный период длился в диапазоне 120-128 суток.

Основными показателями, определяющими общую кормовую продуктивность, являются урожайность зеленой массы и сухого вещества. В 2017-2019 гг. изучаемые сортообразцы имели значительные отклонения по данным параметрам. Так, в среднем за 3 года урожайность зеленой массы сформировалась на уровне 220-737 ц/га. При этом выше стандарта она была лишь у *СП №22* и *Порумбень 4*. Перед уборкой были отобраны образцы для определения содержания сухого вещества. Результаты проведенного анализа показывают, что данный показатель варьировал в целом по коллекции в пределах 22,8-30,4 %. Урожайность сухого вещества находилась в пределах 65,4-171,5 ц/га (таблица 2). При этом 18 сортообразцов сформировали более 150 ц/га, 11 – в пределах 120-148 ц/га.

Таблица 2 – Оценка продуктивности сортообразцов сахарного сорго (среднее за 2017-2019 гг.)

Сортообразец	Урожайность зеленой массы, ц/га	Сухое вещество		Содержание сахара в соке стеблей, %
		%	ц/га	
Славянское приусадебное (контроль)	719	23,4	168,2	14,2
СП №22	737	23,1	170,2	15,2
Порумбень- 4	732	22,8	166,9	15,3
СП №1	712	24,0	170,8	13,8
СПВС №14	707	23,1	163,3	15,4
К-9427	703	24,4	171,5	12,3
Молдавское красное	701	24,0	168,2	11,4
СП-520-3в	698	24,5	171,0	14,0
СП-512-6в	694	23,9	165,8	13,8
СП-520	690	23,4	161,5	14,4
НГ	684	24,5	167,6	13,7
СВ1V2- 7а	680	25,1	170,7	12,4
СП №13	678	24,2	164,1	12,4
Приусадебное В	677	24,7	167,2	14,1
СВ1V2-23	657	24,8	162,9	13,3
СП-520-15	651	24,1	156,9	14,0
СПР №2	644	23,8	153,3	15,8

Сортообразец	Урожайность зеленой массы, ц/га	Сухое вещество		Содержание сахара в соке стеблей, %
		%	ц/га	
СП-517	640	23,8	152,3	14,4
СП№46	634	23,4	148,4	15,3
СП-512-66	601	23,5	141,2	14,8
СП-512	580	23,7	137,5	13,9
К-1073	578	24,4	141,0	15,1
СП№4в	575	25,1	144,3	14,8
К-668	547	25,4	138,9	13,1
К-3055	504	25,0	126,0	12,4
К-2400	501	24,8	124,2	11,4
СПВС№1	501	25,1	126,7	15,9
СПВС№5а	484	25,8	124,9	16,2
СС	461	26,2	120,0	14,5
К-158	450	25,4	114,3	12,9
СП-520-36	432	24,4	105,4	15,4
К-9285	427	26,7	114,0	12,5
СПВС№12	422	26,4	111,4	16,2
СПВС№14а	407	25,4	103,4	16,7
К-4015	407	25,9	105,4	10,7
К-9421	381	28,1	107,0	9,6
К-3868	372	27,2	101,2	9,7
СПВС№7	370	24,5	90,6	16,5
СП-520-3а	362	25,7	93,0	14,4
К-165	360	26,4	95,0	6,9
К-1658	351	26,4	92,6	7,1
СПВС№5б	321	26,8	86,0	16,2
Северное 44	309	27,1	83,7	13,0
Зерноград. янтарь	305	27,4	83,6	7,7
Борис 25	305	27,8	84,8	14,6
Борис 24а	274	28,4	77,8	15,2
Дебют	251	28,1	70,5	16,7
Борис	250	28,0	70,0	14,7
Борис 8б	224	29,2	65,4	15,4
Зерсил	220	30,4	66,8	17,3
Среднее по коллекции	511,4	25,4	127,5	13,7

Важнейшим показателем, характеризующим качество кормов, является содержание сахара. Общепринятой методикой для определения данного показателя в растениях сахарного сорго является содержание в соке стеблей. По содержанию сахаров сок стеблей сахарного сорго не уступает соку сахарного тростника, а вот по составу существенно отличается. Если в соке сахарного тростника содержится только сахароза (кристаллизирующийся сахар), то в соке сахарного сорго кроме сахарозы есть много глюкозы и растворимого крахмала, препятствующего кристаллизации сахара.

Результаты проведенных анализов позволяют сделать вывод, что среди изучаемых образцов в наших условиях 14 сортообразцов в среднем за 3 года имели содержание сахара в соке стеблей более 15 %.

Изучение коллекционного материала сорго сахарного способствовало отбору ценных форм с признаками:

- высокой продуктивности сухого вещества *СП № 22, Порумбень 4, Славянское приусадебное, СП №1, СПВС №14, К-9427*;
- скороспелости *СВ1V2-7а, СВ1V2-23, СП-520, Приусадебное В.*

В результате проведенной оценки морфологических и биологических параметров для дальнейшего селекционного процесса с целью создания ценного исходного материала сорго выделены сортообразцы, обладающие комплексом хозяйственно-полезных признаков – *СП №22, Порумбень 4, СВ1V2-7а*.

Одним из признаков при селекции на высокую урожайность сорго сахарного является высота растений. Проведенный дисперсионный анализ 50 сортообразцов в погодных агроклиматических условиях 2017-2019 гг. установил прямую связь между высотой растений и урожайностью зеленой массы (рисунок 1). Коэффициент детерминации (R^2) равен 0.3497.

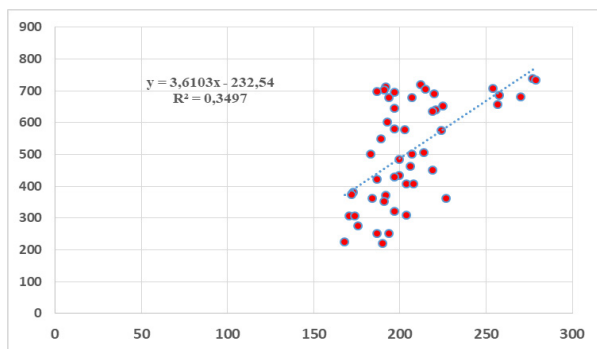


Рисунок 1 – Взаимосвязь высоты растений и урожайности зеленой массы (среднее за 2017-2019 гг.)

Выводы

1. В результате проведенных исследований в 2017-2019 гг. в коллекционном питомнике проведена оценка 50 сортообразцов сорго. Получены экспериментальные данные по оценке коллекционных образцов сорго сахарного по интенсивности стартового роста, кустистости, высоте растений.

2. Проведена оценка продуктивности по урожайности зеленой массы и выходу сухого вещества. Изучение коллекционного материала способствовало отбору ценных форм с признаками: высокой продуктивности сухого вещества 6 сортообразцов, скороспелости – 4.

3. Установлена средняя прямая корреляционная зависимость между высотой растений и урожайностью зеленой массы.

4. Для дальнейшей селекционной работы отобраны 10 сортообразцов. Выделено 3 источника с комплексом хозяйственно-полезных признаков.

Литература

1. Шлапунов, В.Н. Динамика формирования урожая сорго сахарного и его зависимость от уровня азотного питания / В.Н. Шлапунов, Т.Н. Лукашевич, В.Л. Копылович // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі: Серыя аграрных навук. – 2006. – №4 – С. 43-48.
2. Шлапунов, В.Н. Эффективность поукосного выращивания сорго сахарного / В.Н. Шлапунов, В.Л. Копылович // Современное состояние, проблемы и перспективы развития кормопроизводства: матер. между. научно-практ. конф, 15-16 июня 2007 г., г. Горки / отв. ред. С.В. Янушко, БГСХА. – Горки, 2007. – С. 145-151.
3. Копылович, В.Л. Продуктивность кормовых засухоустойчивых культур в экологическом сортоиспытании / В.Л. Копылович // Производство растениеводческой продукции: резервы снижения затрат и повышения качества: материалы Междунар. науч.-практ. конф.; 10-11 июля 2008 г. г. Жодино, т. 2 / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – С.133-135.
4. Зиновенко, А.Л. Продуктивность новых видов культур и качество сенажа // А.Л. Зиновенко, Ж.А. Гуринович, В.Л. Копылович // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч.тр. – Горки, 2009. – Вып. 12, ч.2. – С. 70-77.
5. Персикова, Т.Ф. Влияние сроков посева гибридов сорго зернового и сахарного на продолжительность межфазных периодов в условиях северо-востока Беларуси // Т.Ф. Персикова, Е.А. Блохина, В.Л. Копылович // Вестник Белорусской сельскохозяйственной академии. – 2015. – №2. – С. 104-109.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Якушевский, Е.С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench* / Е.С. Якушевский [и др.]; Всесоюз. науч.-исслед. инст. раст-ва им. Н.И. Вавилова (ВИР). – Ленинград, 1982. – 35 с.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1985. – Вып. 2. – 263 с.

EVALUATION OF THE INITIAL MATERIAL OF SUGAR SORGHUM FOR A SET OF TRAITS

Kopylovich V. L., Shestak N. M

The results of a comprehensive study of the collection of sugar sorghum are presented. Economically important traits of variety samples were evaluated. The study of the collection material of fodder sorghum enabled to select 6 samples with a high productivity of dry matter and 4 early ripening samples. A significant variation of the key economically important traits was identified, which allowed using them in breeding for the creation of new varieties and hybrids.

УДК 633.521:581.4:631.811.1

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО РАЗВИТИЮ ПЕРВИЧНОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА

И.Н. Блохина, научный сотрудник

РУП «Институт льна»

(Поступила 15.02.2021 г.)

Рецензент: Г.В. Будевич, канд. биол. наук

Приводятся результаты исследований 20 образцов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции (по 10 образцов в группе), корреляционных

связей между длиной первичной корневой системы и ее массой с некоторыми хозяйственно-ценными признаками на различных фонах минерального азота (18 кг/га д.в. и 35 кг/га д.в.). Выделены образцы льна-долгунца с высокими положительными корреляционными связями между этими признаками.

По оценкам Европейской конфедерации льна и конопли в развитых странах мира, в том числе и в Республике Беларусь, сохраняется высокий потребительский спрос на изделия из натуральных волокон и на перспективу до 2025 г., что будет способствовать обострению конкурентоспособности получаемого дешевого сырья в необходимых объемах [1]. Проблема значительных различий в урожайности и качестве волокна западноевропейских и отечественных сортов, по мнению российских льноводов, заключается в том, что европейский исходный материал отличается не только позднеспелостью в наших условиях, но и высокой зависимостью от применения техногенных факторов, включая применение минерального азота и других средств химизации. Последнее обуславливается снижением тонины волокна, как одного из факторов, определяющего его номер. При всех трудностях завоевания рынка продажа льняных изделий может обеспечить высокую прибыль. При этом произвести лен – это только часть задачи. Огромное значение имеет для культуры современный уровень маркетинга.

Чтобы сохранить востребованность белорусского волокна за пределами страны очень важно иметь высокое качество волокна, не уменьшая его количество с единицы площади. Кроме того, процесс выведения сорта весьма длительный и трудоемкий, поэтому уже на ранних его этапах необходимо исключать из селекционной проработки неперспективный исходный материал для дальнейшей работы по формированию сортовых популяций льна-долгунца.

Изучение корневой системы представляет большой интерес для выяснения многих важных закономерностей роста и развития растений. Этот интерес объясняется важностью тех функций и процессов, которые выполняют корни [2].

Большое количество исследований посвящено познанию особенностей развития корневых систем сельскохозяйственных растений в зависимости от ряда факторов внешней среды. Однако только не многие из работ проводились с целью изучения корневой системы для селекции и семеноводства. И.В. Мичурин [4] указывал на важность изучения корней, отмечая, что на формирование свойств растения влияют как листья, так и корни. Важны исследования корневых систем, которыми опровергнуто мнение о монополярной роли листового аппарата в синтезе органических соединений [7].

Учитывая, что среди гетерогенных сортов и гибридных популяций самоопыляющихся и перекрестноопыляющихся растений имеются большие индивидуальные различия, в том числе и по мощности развития корневой системы, в отделе селекции пшениц Всесоюзного селекционно-генетического института проведены исследования, выясняющие особенности формирования потомства растений ряда культур, отобранных по мощности развития корневой системы у озимой и яровой пшеницы, озимого и ярового ячменя, кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы и томатов.

В растениеводстве большинство агротехнических приемов направлено, в первую очередь, на создание максимально благоприятных условий для активной деятельности корневых систем растений, развитие которых во многом определяет величину получаемого урожая. Изучение корневой системы приобретает особую значимость в засушливых районах с целью выявления и отбора генотипов с корневой системой, обеспечивающей наиболее высокую продуктивность в условиях недостатка влаги в почве [9].

А.П. Модестов [8], изучая корневую систему хлебных злаков, показал различия в длине корней у разных видов и сортов. Им была выявлена зависимость между длиной корней и скороспелостью сортов на примере овса, а также засухоустойчивостью культурных растений и характером развития корневых систем.

Следует отметить, что работ по изучению генетики корневой системы сельскохозяйственных культур, в том числе и по льну, очень мало [5, 6]. Поэтому расширение исследований в этом направлении, определение роли генотипа в развитии корневой системы, установление корреляций между мощностью развития корневой системы и продуктивностью является крайне необходимым в селекции. Любой признак, как бы незначителен он не был, действует на организм растения в целом, и ни один признак нельзя изменить изолированно от остальной генетической системы.

Меняющиеся условия среды оказывают значительное влияние на признаки растений и вызывают вариабельность не только их, но и связей между ними. Выявление корреляционных связей между признаками играет важную роль в селекции, поскольку селекция на улучшение одного признака обязательно сопровождается изменением других, имеющих продуктивное или адаптивное значение. Знание корреляций позволяет косвенно судить об одних признаках по другим [10, 11, 12]. Изучение сопряженности между признаками, информативности и диагностической ценности показателей позволит на ранних этапах селекции более объективно выявлять ценные формы с высокими хозяйственно ценными признаками, а их комплексная оценка позволит выделить лучший исходный материал для дальнейшей селекции.

Материал и методика проведения исследований. С целью определения взаимосвязи между развитием первичной корневой системы и основными хозяйственно полезными признаками использовали метод проращивания семян льна-долгунца в бумажных рулонах. Проращивание проводили на различных фонах минерального азота (на основе полной питательной смеси Кнопа) в термостате при постоянной температуре 20 °С. Повторность – 4-кратная. Рулоны изготавливали из фильтровальной бумаги размером 20 × 40 см. На листах фильтровальной бумаги графитовым карандашом на расстоянии 2 см от верхнего края проводили линию. Семена раскладывали равномерно вдоль всей проведенной линии, отступив слева и справа от края полосы расстояние в 5 см, равномерно раскладывали по 50 семян льна-долгунца зародышем вниз. Затем брали узкую полосу пергаментной бумаги размером 2 × 40 см, увлажняли и накрывали ею семена. Рулон осторожно и не очень плотно сворачивали и завязывали

ниткой. Следили за тем, чтобы верхний и нижний края рулонов были выровнены. Готовые рулоны ставили в сосуды, заполненные питательным раствором и водой (стаканы емкостью 500-1000 мл), с таким расчетом, чтобы они погружались в жидкость на высоту 7-10 см. При необходимости в сосуды подливали воду или питательный раствор, а через 4-5 дней после сева питательные растворы и воду полностью заменяли. На 7 день прорастивания рулоны разворачивали и измеряли длину проростков и первичной корневой системы, а также массу корневой системы. По повторениям и в среднем по сорту рассчитывали среднюю длину проростков и корневой системы на воде и растворе Кнопа (рисунок 1).



Рисунок 1 – Развитие первичной корневой системы при использовании различных доз минерального азота

Результаты и их обсуждение. В селекции сельскохозяйственных культур важно знать как признаки, по которым ведется планомерный отбор, сопряжены друг с другом. Так, для льна-долгунца актуальна оценка связи между развитием первичной корневой системы и ее массой с основными хозяйственно ценными признаками льна-долгунца. Положительные корреляционные связи между признаками говорят о том, что проводя отбор по одному из них, мы автоматически будем изменять другой. А отсутствие корреляции между признаками указывает на возможность независимой селекции на их улучшение.

Исследования выявили различия между образцами льна-долгунца по длине 7-дневных проростков, длине первичной корневой системы и ее массе на фоне минерального азота 18 и 35 кг/га д.в.

Наибольшую длину проростков (8,0-8,5 см) на фоне N_{18} среди образцов белорусской группы показали *Дукат*, *Лада*, *Малахит*, *Ветразь*. Среди образцов французской группы выделились (9,3-10,6 см) *Aramis*, *Vivea*, *Novea*, *Alizee*.

При увеличении дозы минерального азота до 35 кг/га д.в. у всех анализируемых образцов была отмечена тенденция увеличения длины проростка. Так, по длине проростка (8,0-8,7 см) выделились *Ярок*, *Дукат*, *Лада*, *Мара*, *Малахит*, *Ветразь*, *Грант*. У французских по наибольшей длине проростка (10,0-11,5 см) выделились *Aramis*, *Vivea*, *Novea*, *Versailles*, *Alizee*.

По длине первичного корня на фоне N_{18} среди белорусских образцов выделились (6,0-6,9 см) *Могилевский*, *Грант*, у французской группы выделились (7,0-8,7 см) образцы *Vivea*, *Alizee*, *Novea*.

Наибольшей длиной корня (6,0-7,2 см) на фоне N₃₅ среди белорусских образцов отличались *Мара*, *Ветразь*, *Малахит*, *Могилевский*, *Грант*, у французской группы выделились образцы *Alizee* (8,8 см), *Aramis* (8,2 см), *Novea* (9,1 см).

Таблица 1 – Ростовая реакция образцов льна-долгунца на различных фонах минерального азота (N₁₈ и N₃₅) на первом этапе органогенеза

Сорт	Длина 7-дневных проростков, см		Длина первичного корня, см		Масса корней, г	
	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅
Ярок	7,8	8,3	5,4	5,7	0,35	0,39
Дукат	8,0	8,2	5,4	5,8	0,3	0,38
Лада	8,5	8,7	5,5	5,7	0,49	0,52
Мара	7,6	8,0	5,7	6,0	0,35	0,38
Рубин	7,6	7,8	5,2	5,6	0,33	0,36
Малахит	8,3	8,7	5,7	6,2	0,45	0,49
Могилевский	7,4	7,6	6,0	6,3	0,41	0,43
Ветразь	8,0	8,3	5,6	6,1	0,27	0,3
Фаворит	7,4	7,9	5,3	5,5	0,32	0,35
Грант	7,4	8,0	6,9	7,2	0,4	0,44
Среднее	7,8	8,2	5,7	6,0	0,37	0,40
Drakkar	8,7	9,1	6,8	7,1	0,36	0,4
Alizee	10,6	11,5	8,1	8,8	0,3	0,34
Silva	8,2	9,5	6,6	7,1	0,43	0,46
Aramis	9,3	10,0	6,8	8,2	0,5	0,54
Eden	8,3	9,7	6,8	6,7	0,44	0,51
Evea	8,6	9,1	6,8	7,3	0,37	0,39
Novea	9,9	10,5	8,7	9,1	0,51	0,53
Vivea	9,5	10,0	7,0	7,4	0,37	0,4
Versailles	7,7	11,0	5,9	6,7	0,15	0,34
363-4	6,6	8,0	5,6	5,8	0,19	0,26
Среднее	8,7	9,8	6,9	7,4	0,36	0,42
HCP ₀₅	4,4	4,8	4,1	4,5	0,4	0,5

По массе корней на фоне N₁₈ среди белорусских образцов выделились (0,40-0,49 г) *Лада*, *Малахит*, *Могилевский*, у французской группы наибольшую массу корней (0,43-0,51 г) имели образцы *Silva*, *Eden*, *Aramis*, *Novea*. На фоне N₃₅ наибольшую массу корней (0,43-0,49 г) среди отечественных образцов имели *Малахит*, *Могилевский*, *Грант*. Во французской группе наибольшую массу имели три образца: *Aramis* (0,54 г), *Elen* (0,51 г), *Novea* (0,53 г).

При статистической обработке показателей развития корневой системы с некоторыми хозяйственно ценными признаками льна-долгунца нами были получены следующие результаты по корреляционным взаимосвязям (таблица 2).

По результатам корреляционного анализа между длиной корневой системы и урожайностью семян установлена тесная связь ($r=0,84\pm0,15$) у образцов *Лада*, *Мара*, *Малахит*, *Грант*, *Drakkar*, *Aramis*, *Novea*, 363-4.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между длиной первичной корневой системой и ее массой с некоторыми хозяйственно ценными признаками при дозе минерального азота 18 кг/га д.в. у образцов льна-долгунца различного эколого-географического происхождения

Образец	Длина корней				Масса корней			
	урожайность			содержание общего волокна	урожайность			содержание общего волокна
	семян	тресты	общего волокна		семян	тресты	общего волокна	
Ярок	0,39	0,51	0,51	0,62	-0,83	0,06	0,05	-0,95**
Дукат	-0,07	-0,44	-0,57	-0,99**	0,97**	-0,74	-0,62	0,31
Лада	0,99**	-0,97**	0,50*	0,50	0,58	-0,68	-0,86*	-0,50
Мара	0,96**	0,77	0,84*	0,99**	-0,96**	-0,36	-0,46	-0,86*
Рубин	0,30	0,94**	0,86*	-0,99**	0,22	0,97**	0,90**	-0,99**
Малахит	0,84*	-0,94**	0,35	0,87*	-0,10	-0,14	0,99**	0,83*
Могилевский	-0,93**	0,08	-0,77	-0,87*	-0,82*	-0,16	-0,90*	-0,74
Ветразь	-0,48	-0,70	-0,36	0,98**	0,99**	-0,44	-0,76	-0,50
Фаворит	-0,48	-0,50	-0,66	0,86*	-0,29	0,97**	0,99**	-0,96**
Грант	0,99**	-0,26	-0,14	0,32	0,98**	0,08	-0,06	-0,40
Drakkar	0,92**	0,45	0,43	-0,79	0,13	-0,54	-0,56	-0,92**
Alizee	-0,99**	0,15	0,16	0,37	-0,99**	0,13	0,14	0,35
Silva	-0,50	-0,68	-0,65	0,81*	0,89*	-0,69	-0,72	-0,62
Aramis	0,99**	-0,39	-0,16	0,94**	-0,47	0,99**	0,93**	-0,77
Eden	-0,57	0,41	0,20	-0,99**	-0,52	0,36	0,15	-0,99**
Evea	-0,62	0,38	0,48	0,99**	0,82*	0,90**	0,85*	0,06
Novea	0,98**	-0,78	-0,83*	-0,82*	0,97**	-0,98**	-0,99**	-0,48
Vivea	-0,63	0,35	-0,23	-0,97**	0,99**	-0,90*	-0,53	0,55
Versailles	0,59	-0,69	-0,32	0,81*	-0,95**	0,98**	0,82*	-0,30
363-4	0,90**	-0,08	0,13	0,94**	-0,14	-0,79	-0,89*	-0,24

Примечание – *, ** - значимо соответственно при $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$, то же табл. 3

Положительная корреляционная связь наблюдалась между длиной корней и урожайностью тресты только у двух анализируемых образцов – *Мара* ($r=0,77$), *Рубин* ($r=0,94$).

Установлена тесная корреляционная связь между длиной корневой системы и урожайностью общего волокна, коэффициент корреляции составил $r = 0,87-0,86$ (достоверно на 5% уровне) – *Мара*, *Рубин*.

Высокие коэффициенты корреляции между длиной корневой системы и содержанием общего волокна были отмечены у следующих анализируемых образцов: *Мара* ($r=0,99**$), *Малахит* ($r=0,87*$), *Ветразь* ($r=0,98**$), *Фаворит* ($r=0,86*$), *Silva* ($r=0,81*$), *Aramis* ($r=0,94**$), *Evea* ($r=0,99$).

В результате проведенного нами корреляционного анализа между массой корневой системы и урожайностью семян льна-долгунца при N_{18} прослеживалась тесная положительная связь у образцов *Дукат* ($r=0,97**$), *Ветразь* ($r=0,99**$), *Грант* ($r=0,98**$), *Silva* ($r=0,89*$), *Evea* ($r=0,82*$), *Novea* ($r=0,97**$), *Vivea* ($r=0,99**$).

Показатель «масса корневой системы» находится в тесной связи с урожайностью тресты ($r=0,90\pm 0,09$ достоверно на 1% уровне) у образцов *Рубин*, *Фаворит*, *Aramis*, *Evea*, *Versailles*.

Получены данные о достаточно высокой корреляционной взаимосвязи массы корневой системы с содержанием общего волокна у образцов *Рубин* ($r=0,90^{**}$), *Малахит* ($r=0,99^{**}$), *Фаворит* ($r=0,99^{**}$), *Aramis* ($r=0,93^{**}$), *Novea* ($r=0,85^{*}$), *Versailles* ($r=0,82^{*}$). Масса корней тесно коррелировала с содержанием волокна только у одного образца *Малахит* ($r=0,83^{*}$).

По результатам проведенных исследований выявлено наличие корреляционных взаимосвязей между длиной корневой системы, ее массой и хозяйственно-ценными признаками льна-долгунца на фоне N_{35} (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции между длиной первичной корневой системой и ее массы с хозяйственно ценными признаками при дозе минерального азота N_{35} у образцов льна-долгунца различного эколого-географического происхождения

Образец	Длина корней				Масса корней			
	урожайность, г/м ²			содержание общего волокна, %	урожайность, г/м ²			содержание общего волокна, %
	семян	тресты	общего волокна		семян	тресты	общего волокна	
Ярок	-0,99**	0,95**	0,89*	-0,18	-0,61	0,41	0,25	-0,86*
Дукат	0,99**	-0,97**	-0,99**	0,38	0,57	-0,70	-0,46	0,98**
Лада	0,55	-0,92*	-0,83*	0,65	0,53	0,04	-0,14	-0,96**
Мара	0,99**	-0,43	-0,97**	-0,86*	0,37	-0,99**	-0,69	-0,88*
Рубин	0,82*	-0,89*	0,84*	0,87*	0,90**	-0,06	-0,04	0,01
Малахит	0,97**	0,58	0,97**	0,50	-0,95**	-0,09	-0,74	-0,86*
Могилевский	-0,33	0,50	0,24	-0,26	0,81*	0,97**	0,99**	0,85*
Ветразь	0,97**	0,11	-0,29	-0,96**	-0,55	0,35	-0,06	-0,86*
Фаворит	-0,13	0,99**	0,91**	-0,01	0,32	0,87*	0,99**	0,43
Грант	0,59	0,11	-0,09	-0,32	0,90**	0,99**	0,96**	0,86*
Drakkar	0,39	0,89*	0,90**	0,61	-0,99	-0,82*	-0,81*	0,41
Alizee	0,83*	0,45	0,45	0,24	0,49	0,81*	0,80*	0,65
Silva	0,55	0,95**	0,96**	-0,17	-0,37	-0,78	-0,75	-0,72
Aramis	0,26	0,99**	0,98**	0,62	-0,98**	0,50	0,28	-0,97**
Eden	0,04	0,13	0,34	0,89*	0,99**	0,99**	0,93**	-0,44
Evea	0,63	0,98**	0,96**	0,33	0,98	0,60	0,52	-0,40
Novea	0,10	0,35	0,27	-0,79	-0,32	0,70	0,64	-0,47
Vivea	0,72	-0,45	0,11	0,95**	0,30	0,03	0,57	0,98**
Versailles	-0,77	0,68	0,92**	0,64	0,47	-0,58	-0,19	0,87*
363-4	-0,55	0,99**	0,96**	-0,47	-0,06	0,90**	0,97**	0,03

Длина корневой системы тесно коррелировала с урожайностью семян у образцов *Дукат* ($r=0,99^{**}$), *Мара* ($r=0,99^{**}$), *Рубин* ($r=0,82^{*}$), *Малахит* ($r=0,97^{**}$), *Alizee* ($r=0,83^{*}$). Высокая положительная связь с урожайностью тресты присут-

ствовала у образцов *Ярок* ($r=0,95^{**}$), *Фаворит* ($r=0,99^{**}$), *Drakkar* ($r=0,89^{*}$), *Silva* ($r=0,95^{**}$), *Aramis* ($r=0,99^{**}$), *Evea* ($r=0,98^{**}$), 363-4 ($r=0,99^{**}$). Также длина корневой системы в сильной степени ($r=0,84\pm 0,13$) коррелирует с урожайностью общего волокна у образцов *Ярок*, *Рубин*, *Малахит*, *Фаворит*, *Drakkar*, *Aramis*, *Evea*, *Versailles*, 363-4. Между длиной корневой системы и содержанием общего волокна отмечена высокая корреляционная связь у трех образцов – *Рубин* ($r=0,87^{*}$), *Eden* ($r=0,89^{*}$), *Vivea* ($r=0,95^{**}$).

Корреляционный анализ между массой корневой системы с хозяйственно-ценными признаками льна-долгунца на фоне N_{35} показал некоторые близкие связи между анализируемыми признаками. В частности, была обнаружена тесная степень корреляции между длиной корневой системы и урожайностью семян у образцов *Рубин* ($r=0,90^{**}$), *Могилевский* ($r=0,81^{*}$), *Грант* ($r=0,90^{**}$), *Eden* ($r=0,99^{**}$), *Evea* ($r=0,98^{**}$).

Масса корневой системы положительно коррелировала с урожайностью тресты у образцов *Могилевский* ($r=0,97^{**}$), *Фаворит* ($r=0,87^{*}$), *Грант* ($r=0,99^{**}$), *Alizee* ($r=0,81^{*}$), *Eden* ($r=0,99^{**}$), 363-4 ($r=0,90^{**}$). Вместе с этим установлено прямое влияние массы корневой системы на урожайность общего волокна ($r=0,80\pm 0,19$) у образцов *Могилевский*, *Фаворит*, *Грант*, *Alizee*, *Eden*. 363-4. Выявлена сильная положительная взаимосвязь массы корневой системы с содержанием общего волокна ($r=0,85\pm 0,13$) у образцов *Дукат*, *Могилевский*, *Грант*, *Vivea*, *Versailles*.

Заключение

В результате проведённого лабораторного анализа на фоне N_{18} были выделены образцы льна-долгунца с тесными связями между длиной корневой системы и некоторыми хозяйственно ценными признаками:

- урожайностью семян – *Лада* ($r=0,99^{**}$), *Мара* ($r=0,96^{**}$), *Малахит* ($r=0,84^{*}$), *Грант* ($r=0,99^{**}$), *Drakkar* ($r=0,92^{**}$), *Aramis* ($r=0,99^{**}$), *Novea* ($r=0,98^{**}$), 363-4 ($r=0,90^{**}$);

- урожайностью тресты – *Мара* ($r=0,77$), *Рубин* ($r=0,94^{**}$);

- урожайностью общего волокна у образцов *Мара* ($r=0,84^{*}$), *Рубин* ($r=0,86^{*}$);

- содержанием общего волокна – *Мара* ($r=0,99^{**}$), *Малахит* ($r=0,87^{*}$), *Ветразь* ($r=0,98^{**}$), *Фаворит* ($r=0,86^{*}$), *Silva* ($r=0,81^{*}$), *Aramis* ($r=0,94^{**}$), *Evea* ($r=0,99^{**}$), *Versailles* ($r=0,81^{*}$), 363-4 ($r=0,94^{**}$);

Образцы льна-долгунца с тесными связями между массой корневой системы и некоторыми хозяйственно ценными признаками:

- урожайностью семян – *Дукат* ($r=0,97^{**}$), *Ветразь* ($r=0,99^{**}$), *Грант* ($r=0,98^{**}$), *Silva* ($r=0,89^{*}$), *Evea* ($r=0,82^{*}$), *Novea* ($r=0,97^{**}$), *Vivea* ($r=0,99^{**}$);

- между массой корневой системы и урожайностью тресты – *Рубин* ($r=0,97^{**}$), *Фаворит* ($r=0,97^{**}$), *Aramis* ($r=0,99^{**}$), *Evea* ($r=0,90^{*}$), *Versailles* ($r=0,98^{**}$);

- между массой корневой системы и урожайностью общего волокна – *Рубин* ($r=0,90^{*}$), *Малахит* ($r=0,99^{*}$), *Фаворит* ($r=0,99^{*}$), *Aramis* ($r=0,93^{**}$), *Evea* ($r=0,85^{*}$), *Versailles* ($r=0,82^{*}$);

– между массой корневой системы и содержания общего волокна – *Малахит* ($r=0,83^*$).

По результатам проведенных исследований на фоне N_{35} выявлено наличие тесных положительных корреляционных взаимосвязей между длиной корневой системы и некоторыми хозяйственно ценными признаками:

– урожайностью семян – *Дукат* ($r=0,99^{**}$), *Мара* ($r=0,99^{**}$), *Рубин* ($r=0,82^*$), *Малахит* ($r=0,97^{**}$), *Alizee* ($r=0,83^*$);

– урожайностью тресты – *Ярок* ($r=0,95^{**}$), *Фаворит* ($r=0,99^{**}$), *Drakkar* ($r=0,89^*$), *Silva* ($r=0,95^{**}$), *Aramis* ($r=0,99^{**}$), *Evea* ($r=0,98^{**}$), *363-4* ($r=0,99^{**}$);

– урожайностью общего волокна – *Ярок* ($r=0,89^*$), *Рубин* ($r=0,84^*$), *Малахит* ($r=0,97^{**}$), *Фаворит* ($r=0,91^{**}$), *Drakkar* ($r=0,90^{**}$), *Silva* ($r=0,96^{**}$), *Aramis* ($r=0,98^{**}$), *Evea* ($r=0,96^{**}$), *Versailles* ($r=0,92^{**}$), *363-4* ($r=0,96^{**}$);

– содержанием общего волокна – *Мара* ($r=0,97^{**}$), *Eden* ($r=0,89^*$), *Vivea* ($r=0,95^{**}$);

Образцы льна-долгунца с прямыми положительными связями между массой корневой системы и некоторыми хозяйственно ценными признаками:

– урожайностью семян – *Рубин* ($r=0,90^{**}$), *Могилевский* ($r=0,81^*$), *Грант* ($r=0,90^{**}$), *Eden* ($r=0,99^{**}$), *Evea* ($r=0,98^{**}$);

– урожайностью тресты: *Могилевский* ($r=0,97^{**}$), *Фаворит* ($r=0,87^*$), *Грант* ($r=0,99^{**}$), *Alizee* ($r=0,81^{**}$), *Eden* ($r=0,99^{**}$), *363-4* ($r=0,90^{**}$);

– урожайностью общего волокна: *Могилевский* ($r=0,99^{**}$), *Фаворит* ($r=0,99^{**}$), *Грант* ($r=0,96^{**}$), *Alizee* ($r=0,80^*$), *Eden* ($r=0,93^{**}$), *363-4* ($r=0,97^{**}$);

– содержанием общего волокна – *Дукат* ($r=0,98^{**}$), *Могилевский* ($r=0,85^*$), *Грант* ($r=0,86^*$), *Vivea* ($r=0,98^{**}$), *Versailles* ($r=0,87^*$).

Литература

1. Ущаповский, И.В. Повышение урожайности и качества льнопродукции как системная проблема отрасли / И.В. Ущаповский, С.Л. Белопухов // Инновационные разработки АПК: резервы снижения затрат и повышения качества продукции : матер. Межд. науч.-практ. конф., 12–13 июля 2018 г., аг. Тулово / Витеб. зональный ин-т сел. хоз-ва Нац. акад. наук Беларуси. – Минск : Беларуская навука 2018. – С. 64–70.

2. Тарановская, М.Г. Методы изучения корневых систем / М.Г. Тарановская. – М.: Сельхозгиз, – 1957. – 216 с.

3. Мичурин, И.В. Принципы и методы работы / И.В. Мичурин. – Ленинград : Ленинградское газетно-журнальное и книжное издательство, 1949. – 206 с.

4. Байтулин, И.О. Корневая система сельскохозяйственных культур / И.О. Байтулин; АН КазССР, Гл. ботан. сад. – Алма-Ата : Наука, 1976. – 244 с.

5. Кириченко, Ф.Г. Краткая инструкция по проведению отбора растений с мощной корневой системой в целях селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур / Ф.Г. Кириченко. – М., 1965. – 12 с.

6. Кириченко, Ф.Г. Влияние отбора растений по мощности корневой системы на повышение урожая и улучшение его качества в потомстве / Ф.Г. Кириченко // Вестн. с.-х. науки. – 1963. – № 4. – С. 3-20.

7. Модестов, А.П. Корневая система у травянистых растений / А.П. Модестов – М.: – 1915. – 27 с.

8. Коберницкий, В.И. Особенности развития корневой системы пшеницы при скрещивании географически отдаленных сортов в условиях Северного Казахстана / В.И. Коберницкий // Вестн. регион. сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству. – Алма-Ата, 2003. – № 1 (4). – С. 85-88.

9. Коваль, С.Ф. Стратегия и тактика отбора в селекции растений : монография / С.Ф. Коваль, В.П. Шаманин, В.С. Коваль. – Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2010. – 228 с.

10. Мухордова, М.Е. Корреляционный и путевой анализ признаков продуктивности гибридов озимой пшеницы // Вестник АГАУ. 2014. – №6 (116). – С.14-18.

11. Алабушев, А.В. Корреляционные связи количественных признаков сорго зернового / А.В. Алабушев, Н.Н. Сухенко, О.А. Лушпина // КубГАУ, 2017. – № 128(04). – С.932-941.

CHARACTERIZATION OF FIBRE FLAX INITIAL MATERIAL WITH RESPECT TO THE DEVELOPMENT OF THE PRIMARY ROOT SYSTEM AGAINST DIFFERENT BACK- GROUND OF MINERAL NITROGEN

I.N. Blokhina

The paper states the results of the research on 20 samples of fibre flax of domestic and foreign breeding (10 samples per group), correlations between the length of the primary root system and its weight with some economically important traits against different backgrounds of mineral nitrogen (18 kg/ha of active ingredient and 35 kg/ha of active ingredient). The samples of fibre flax with high positive correlations between these traits are identified.

УДК 633.521:631[526. 32+559]

**АНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА
ПО УРОЖАЙНОСТИ ТРЕСТЫ И ПАРАМЕТРАМ АДАПТИВНОСТИ
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ**

М.А. Литарная, кандидат с.-х. наук

РУП «Институт льна»

(Поступила 04.03.202)

Рецензент: Е.И. Позняк, кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты оценки 42 образцов коллекции льна-долгунца по урожайности тресты и параметрам адаптивности. Выделены образцы с высокой урожайностью тресты (превысившие контроль на 24,5-105,4 г/м²): Снежок (Россия) (раннеспелый), В-168 (Литва) (среднеспелый), Нейуа 8, China 1 TMP1919 (Китай), Сальдо×Родник, Тонус, Союз (Россия), Миандр и Есмань (Украина) (позднеспелые). Наиболее высокие показатели гомеостатичности и низкие значения коэффициента вариации имели образцы: ВИР-15, Сальдо × Родник (Россия), Есмань, Поліський 4 (Украина), Ярок (Беларусь). Коллекционные образцы Белоснежка, ВИР-15, Сальдо×Родник (Россия), Поліський 4 и Есмань (Украина), обладающие высокими показателями урожайности тресты, стрессоустойчивости, генетической гибкости, гомеостатичности, можно использовать в качестве источников адаптивности при создании новых конкурентоспособных сортов льна-долгунца.

Лен-долгунец является одной из важнейших технических культур Республики Беларусь. Его продукция всегда занимала особое место в экономике сельского хозяйства страны. Поэтому одной из задач льноводческой отрасли является повышение конкурентоспособности производимой льнопродукции и снижение ее себестоимости, где главная роль отводится селекционному улучшению сортов и их обновлению. При этом успех селекции зависит от генотипического разнообразия и степени изученности исходного материала. В связи с этим постоянное обновление и изучение имеющегося генофонда, а также создание на его основе новых сортов льна-долгунца остается актуальной задачей современной льноводческой отрасли.

Селекция льна-долгунца ориентирована на создание сортов с высокой урожайностью и качеством продукции, обладающих широким адаптивным потенциалом. Источником исходного материала для селекции является мировая коллекция генетических ресурсов, которая находится в РУП «Институт льна» и включает 628 образцов льна-долгунца различного эколого-географического происхождения.

Главная особенность селекции на адаптивность – контроль экологической пластичности, стабильности и адаптивности сортов и гибридов в процессе селекции [1, 2].

Адаптивность сорта оценивается по степени снижения средней величины признака продуктивности. Важный показатель адаптивности и экологической пластичности – устойчивость сортов и линий к стрессору, которая определяется по разности между минимальным и максимальным значением признака. Этот показатель имеет отрицательный знак, и чем он меньше по абсолютной величине, тем выше стрессоустойчивость, то есть шире диапазон приспособительных возможностей сорта [3, 4, 5].

Цель исследований – оценка коллекции льна-долгунца и отбор исходного материала по урожайности тресты с учетом параметров адаптивности для практической селекции культуры.

Исходный материал, условия и методика исследований. Исследования проводили в 2018-2020 гг. в лаборатории селекции льна-долгунца РУП «Институт льна». В качестве исходного материала использовали 42 образца льна-долгунца различного эколого-географического происхождения.

Закладку питомников изучения и поддержания образцов и сортов льна-долгунца проводили согласно методическим указаниям по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) [6]. Сорта-контроли высевали через каждые 20 десятилетий, в качестве которых в системе Государственного испытания сортов в настоящее время используются *Ярок* (раннеспелый), *Алей* (среднеспелый) и *Могилевский* (позднеспелый).

Почва опытных участков дерново-подзолистая, развивающаяся на среднем лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины ниже 1 м мореным суглинком. Агрохимические показатели почвенных участков варьировали по годам: рН 5,42-5,80, содержание подвижного фосфора 130,0-375,3 мг/кг почвы, обменного калия 108,8-116,7 мг/кг почвы, содержание гумуса \approx 1,8. Предшественник – зерновые культуры.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму, по количеству, характеру и периодичности выпадения осадков, что способствовало объективной оценке образцов коллекции льна-долгунца. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2018 г. составил 1,47 (год оптимальный), в 2019 г. – 1,62 (год оптимальный), в 2020 г. – 1,83 (год переувлажненный) [7].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программ MS Excel. При анализе адаптивных параметров рассчитывали существенность различий, коэффициент вариации [8], индекс условий среды, показатели стрессоустойчивости $(X_{\min}-X_{\max})$ и генетической гибкости $((X_{\max}+X_{\min})/2)$ [3, 4], параметры гомеостатичности [9] и коэффициент адаптивности (Кад) [10].

Результаты и обсуждение. Почвенно-климатические условия в период роста и развития образцов коллекции льна-долгунца в годы исследований различались между собой. Расчет индекса условий среды показал, что наиболее благоприятные условия для формирования урожайности тресты сложились в 2018 г. ($I_j = +7,05$). В 2020 г. они были неблагоприятными ($I_j = -13,4$) (таблица).

Таблица – Оценка образцов коллекции льна-долгунца по параметрам адаптивности

Образец	Урожайность тресты, г/м ²				V, %	Кад	Hom	$X_{\min}-X_{\max}$	$(X_{\max}+X_{\min})/2$	Реализация потенциала урожай, %
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	\bar{X}						
Ярок (к.)	404,1	421,6	415,8	413,8	2,2	1,01	175,3	-17,5	412,8	98,2
Алей (к.)	398,9	421,7	491,7	437,4	11,1	1,06	37,0	-92,8	445,3	89,0
Могилёвский (к.)	408,9	438,3	441,7	429,6	4,2	1,04	101,0	-32,8	425,3	97,3
Lino de fibra	276,7	376,7	270,0	307,8	19,4	0,75	15,9	-106,7	323,3	81,7
Белоснежка	376,7	360,0	376,7	371,1	2,6	0,90	148,3	-16,7	368,3	98,5
Kaliakra	460,0	511,7	398,3	456,7	12,4	1,11	33,0	-113,3	455,0	89,3
B-192	376,7	461,7	400,0	412,8	10,6	1,00	36,0	-85,0	419,2	89,4
SV 661654, 79-39725	283,3	325,0	291,7	300,0	7,3	0,73	38,8	-41,7	304,2	92,3
Норд	416,7	460,0	486,7	454,4	7,8	1,11	52,9	-70,0	451,7	93,4
Добрыня	388,3	381,7	440,0	403,3	7,9	0,98	50,0	-58,3	410,8	91,7
Дипломат	440,0	443,3	415,0	432,8	3,6	1,05	118,6	-28,3	429,2	98,4
B-150	398,3	423,5	370,0	397,3	6,7	0,97	52,9	-53,5	396,7	93,8
B-154	395,0	376,7	340,0	370,6	7,6	0,90	44,8	-55,0	367,5	93,8
Снежок	460,0	405,0	450,0	438,3	6,7	1,07	62,7	-55,0	432,5	95,3
Тост 1	416,7	325,0	426,7	389,4	14,4	0,95	26,8	-101,7	375,8	91,3
Поліський 4	385,0	373,2	371,7	376,6	1,9	0,92	190,9	-13,3	378,3	97,8
Батист	476,7	416,7	396,7	430,0	9,7	1,05	41,5	-80,0	436,7	90,2
ВИР-12	335,0	296,7	246,7	292,8	15,1	0,71	40,1	-88,3	290,8	87,4
ВИР-13	465,0	353,3	365,0	394,4	15,6	0,96	25,0	-111,7	409,2	84,8

Образец	Урожайность тресты, г/м ²				V, %	Кад	Ном	X _{min} -X _{max}	(X _{max} +X _{min})/2)	Реализация потенциала урожая, %
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	\bar{X}						
ВИР-14	366,7	348,4	321,7	345,6	6,5	0,84	47,6	-45,0	344,2	94,2
ВИР-15	371,7	380,0	378,3	376,7	1,2	0,92	305,5	-8,3	375,8	99,1
ВИР-17	345,0	331,7	246,7	307,8	17,3	0,75	17,3	-98,3	295,8	89,2
Львовский 6	393,3	320,0	315,0	342,8	12,8	0,83	26,9	-78,3	354,2	87,1
Львовский 8	455,0	441,6	408,3	435,0	5,5	1,06	72,7	-46,7	431,7	95,6
Оршанский × Белочка	486,7	386,7	450,0	441,1	11,5	1,07	34,9	-100,0	436,7	90,6
Нейуа 8	563,3	436,7	486,7	495,6	12,9	1,20	34,8	-126,7	500,0	88,0
Есмань	475,0	481,7	460,0	472,2	2,3	1,15	184,7	-21,7	470,8	98,0
Міандр	496,7	435,0	480,0	470,6	6,8	1,14	64,4	-61,7	465,8	94,7
Иванівський	448,3	350,0	393,3	397,2	12,4	0,97	28,8	-98,3	399,2	88,6
Нестерка	470,0	443,3	378,3	430,6	11,0	1,05	36,3	-91,7	424,2	91,6
B-168	506,7	463,3	416,7	462,2	9,7	1,12	42,6	-90,0	461,7	91,2
Venus	465,0	495,0	391,7	450,6	11,8	1,10	35,2	-103,3	443,3	91,0
Л-35-4-5-1-2	435,0	331,6	403,3	390,0	13,6	0,95	26,4	-103,4	367,5	89,6
Союз	505,0	521,7	473,3	500,0	4,9	1,22	92,8	-48,3	497,5	95,8
Сурский	410,0	456,7	366,7	411,1	10,9	1,00	33,7	-90,0	411,7	90,0
Тонус	420,0	515,0	463,3	466,1	10,2	1,13	41,0	-95,0	467,5	90,5
China 1 TMP1919	503,3	573,3	528,3	535,0	6,6	1,30	73,4	-70,0	538,3	93,3
Парус	355,0	451,7	350,0	385,6	14,9	0,94	26,2	-101,7	400,8	85,4
Цезарь	331,7	430,0	338,3	366,7	15,0	0,89	24,5	-98,3	380,8	85,3
Горизонт	395,0	503,3	470,0	456,1	12,2	1,11	34,5	-108,3	449,2	90,6
Сальдо × Родник	463,3	471,7	460,0	465,0	1,3	1,13	332,5	-11,7	465,8	98,6
Vega	345,0	403,3	331,7	360,0	10,6	0,88	32,4	-71,7	367,5	89,3
Среднесор- товая	418,3	417,7	397,8	411,3	9,3	1,00	-	-	-	91,9
Индекс сре- ды (I_г)	+7,05	+6,5	-13,4	-	-	-	-	-	-	-
НСР₀₅	37,4	31,1	30,1	-	-	-	-	-	-	-

В условиях 2018 г. среднесортовая урожайность тресты была самой высокой (418,3 г/м²), а в неблагоприятном 2020 г. – наименьшей (397,8 г/м²).

В среднем за 2018-2020 гг. максимальную урожайность тресты сформировали образцы *China 1 TMP1919* (535,0 г/м²) (Китай), *Союз* (500,0 г/м²) (Россия), *Нейуа 8* (495,6 г/м²) (Китай), *Есмань* (472,2 г/м²), *Міандр* (470,6 г/м²) (Украина), *Тонус* (466,1 г/м²), *Сальдо×Родник* (465,0 г/м²) (Россия), *B-168* (462,2 г/м²) (Литва).

Реализация потенциала урожайности тресты у изучаемых коллекционных образцов льна-долгунца была высокой и варьировала от 81,7 % у сорта *Lino de fibra* (Чили) до 99,1 % у *ВИР-15* (Россия). В среднем по опыту величина данного показателя равнялась 91,9 %, а у контролей *Ярок*, *Могилевский* и *Алей* составила 98,2; 97,3 и 89,0% соответственно.

Также для оценки образцов льна-долгунца использовали коэффициент адаптивности, который определяется сопоставлением урожайности изучаемых сортов со «среднесортной» урожайностью. В наших исследованиях коэффициент адаптивности варьировал от 0,71 до 1,30. Высокая адаптивность и высокая урожайность тресты в среднем за 3 года были отмечены у образцов *China 1 TMP1919* (1,30; 535,0 г/м²) (Китай), *Союз* (1,22; 500,0 г/м²) (Россия), *HeiYa 8* (1,20; 495,6 г/м²) (Китай), *Есмань* (1,15; 472,2 г/м²), *Миандр* (1,14; 470,6 г/м²) (Украина). Наиболее низкая адаптивность и урожайность тресты выявлены у образцов *ВИР-12* (0,71; 292,8 г/м²) (Россия), *SV 661654,79-39725* (0,73; 300,0 г/м²) (Швеция), *ВИР-17* (0,75; 307,8 г/м²) (Россия), *Lino de fibra* (0,75; 307,8 г/м²) (Чили).

Устойчивость к стрессу является одним из важнейших показателей адаптивности и экологической пластичности, который определяется разностью между минимальной и максимальной урожайностью и имеет отрицательный знак. Поэтому чем меньше абсолютная величина этого показателя, тем выше устойчивость сорта к неблагоприятным факторам среды. Наиболее высокую стрессоустойчивость проявили образцы: *ВИР-15*, *Сальдо×Родник* (Россия), *Поліський 4* (Украина), *Белоснежка* (Россия). У них значения показателя ($X_{\min} - X_{\max}$) варьировали от -8,3 до -16,7. Наименьшая устойчивость к стрессу (от -100,0 до -126,7) отмечена у образцов *Оришанский×Белочка*, *Тост 1*, *Парус* (Россия), *Venus* (Португалия), *Л-35-4-5-1-2* (Россия), *Lino de fibra* (Чили), *Горизонт*, *ВИР-13* (Россия), *Kaliakra* (Болгария), *HeiYa 8* (Китай).

Средняя урожайность сорта $(X_{\max} + X_{\min}) / 2$ в контрастных условиях характеризует его генетическую гибкость. Чем выше данный показатель, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды. Наибольшую среднюю урожайность в контрастных условиях обеспечили образцы *China 1 TMP1919* (538,3 г/м²), *HeiYa 8* (500,0 г/м²) (Китай), *Союз* (497,5 г/м²) (Россия). Это указывает на высокую компенсаторную способность этих сортов.

Одним из важных показателей, характеризующих устойчивость растений к изменению неблагоприятных факторов среды, служит гомеостатичность. Критерием гомеостатичности сортов можно считать способность данных сортов поддерживать низкую вариабельность признаков продуктивности. В этом проявляется связь гомеостатичности с коэффициентом вариации, которая характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды.

За годы исследований у образцов коллекции льна-долгунца изменчивость урожайности тресты варьировала от незначительной до средней (коэффициент вариации составил 1,27-19,4 %). Наибольшую стабильность при изменении условий выращивания проявили генотипы *Сальдо×Родник* ($V = 1,3$ %, $\text{Ном} = 332,5$), *ВИР-15* ($V = 1,2$ %, $\text{Ном} = 305,5$) (Россия), *Поліський 4* ($V = 1,9$ %, $\text{Ном} = 190,9$) (Украина), *Есмань* ($V = 2,3$ %, $\text{Ном} = 184,7$) (Украина), *Ярок* ($V = 2,2$ %, $\text{Ном} = 175,3$) (Беларусь). Средняя изменчивость (коэффициент вариации составил 17,3-19,4 %) и низкая гомеостатичность были отмечены у образцов *ВИР-17* ($V = 17,3$ %, $\text{Ном} = 17,3$) (Россия), *Lino de fibra* ($V =$

19,4 %, $\text{Hom} = 15,9$) (Чили). Это говорит о нестабильности и низкой адаптивности данных сортов.

Заключение

Комплексная оценка образцов льна-долгунца по урожайности тресты и параметрам адаптивности позволила получить достоверные данные и выделить генотипы, обладающие высокой потенциальной продуктивностью и наибольшей адаптивностью в условиях северо-восточной части Беларуси: *ВИР-15*, *Сальдо* × *Родник*, *Белоснежка* (Россия), *Поліський 4*, *Есмань* (Украина) и *Ярок* (Беларусь). Вышеуказанные образцы целесообразно использовать в селекции льна-долгунца на адаптивность.

Литература

1. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические аспекты) / А.А. Жученко. – М. : РУДН, 2001. – Т. I, II. – 1480 с.
2. Халипский, А.Н. Роль экотипа сорта в эффективности сортосмены полевых культур в Краснодарском крае / А.Н. Халипский // Актуальные задачи селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений на современном этапе: докл. и сообщ. IX генетико-селект. шк., Новосибирск, 5–9 апр. 2004 г. / РАСХН Сиб. отд-ние. СибНИИРС. НГАУ. – Новосибирск, 2005. – С. 559–563.
3. Rosielle, A. Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environments / A. Rosielle, J Hamblin // Crop Sci. – 1981. – Vol. 21(6) – P. – 943–946.
4. Гончаренко, А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А.А. Гончаренко // Вестник РАСХН. – 2005. – №6. – С. 49–53.
5. Сапега, В.А. Урожайность и параметры стабильности сортов зерновых культур / В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова, С.В. Сапега // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 10. – С. 22–26.
6. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / В. З. Богдан [и др.]. – Устье, 2011. – 13 с.
7. Агрометеорологический бюллетень // ГУ «Республ. центр гидрометеорологии, контроля радиоактивного загрязнения и мониторинга окружающей среды»; под ред. Н. В. Мельчакова. – Минск, 2018–2020 гг.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : «Агропромиздат», 1985. – 351 с.
9. Хангильдин, В.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях / В.В. Хангильдин, С.В. Бирюков // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. – 1984. – №1. – С. 67–76.
10. Животков, Л.А. Методика выявления продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм по показателю «урожайность» / Л.А. Животков, З.А. Морозова, Л.И. Секатуева // Селекция и семеноводство. – 1994. – №2. – С. 3–6.

ANALYSIS OF FIBRE FLAX COLLECTION ACCESSIONS FOR FLAX RETTED STALKS YIELD AND ADAPTABILITY PARAMETERS UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTH EAST PART OF BELARUS

M.A. Litarnaya

The paper presents the results of the evaluation of 42 fibre flax collection accessions for flax retted stalks yield and adaptability parameters. The accessions with a high yield of flax retted stalks

exceeding the control by 24.5-105.4 g/m² are identified: Snezhok (Russia) – early ripening, B-168 (Lithuania) – mid-ripening, Heiya 8, China 1 TMP1919 (China), Saldo×Rodnik, Tonus, Soyuz (Russia), Miandr and Yesman (Ukraine) – late ripening. The varieties VIR-15, Saldo × Rodnik (Russia), Yesman, Polisky 4 (Ukraine), Yarok (Belarus) have the highest indicators of homeostaticity and the lowest coefficient of variation. The collection accessions Belosnezhka, VIR-15, Saldo × Rodnik (Russia), Polisky 4 and Yesman (Ukraine), which have the highest indicators of flax retted stalks yield, stress resistance, genetic flexibility, homeostaticity can be used as sources of adaptability in developing new competitive varieties of fibre flax.

УДК 633.854.54:631.527

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КОЛЛЕКЦИИ СОРТООБРАЗЦОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В РУП «ИНСТИТУТ ЛЬНА»

М.Е. Маслинская, Е.Л. Андроник, Е.В. Иванова, кандидаты с.-х. наук
РУП «Институт льна», mte-83@tut.by
(Поступила 26.03.2021)

Рецензент: Гриб С.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье обобщены результаты изучения образцов коллекционного питомника льна масличного в 2016-2020 гг. по основным хозяйственно-ценным признакам. Выделены источники высокой семенной продуктивности, высокой массы 1000 семян, короткостебельные (до 60 см), высокого содержания масла в семенах, сбора масла с единицы площади. Проведено ранжирование сортобразцов по содержанию полиненасыщенной α -линоленовой кислоты. Полученные результаты будут использованы в селекционной практике для создания новых конкурентоспособных сортов льна масличного, адаптированных к условиям Беларуси, с высокими показателями продуктивности и качества.

Природные ресурсы страны, особенно растительный мир, – одно из главных достояний каждого государства. Биологический и экономический потенциал растений составляет их генетическое разнообразие, которое, в общем, и является генофондом растительных ресурсов [1]. По мнению академика А.А. Жученко, селекция и семеноводство являются наиболее широкодоступным и экономически эффективным средством как при выводе сельского хозяйства из кризисной ситуации, так и в достижении его процветания. В развитых странах селекция – это инновационная отрасль, инвестиции в которую сопоставимы лишь с информационными технологиями [2]. Генофонд мировой коллекции *Linum usitatissimum* L. является источником ценных морфологических, биологических и хозяйственно ценных признаков. Степень его изученности во многом определяет успех селекции. На всех этапах селекции льна масличного большое значение придавалось созданию нового разнообразного исходного материала [3].

Широкое разнообразие сфер применения льна масличного требует от селекционеров выведения сортов с различными хозяйственно ценными призна-

ками, соответствующими назначению конечной продукции и адаптированными к определенным условиям произрастания [4].

Работа с коллекционными образцами льна масличного в РУП «Институт льна» проводится с учетом конкретных природно-климатических условий и направлена на изучение морфофизиологических закономерностей роста, развития и формирования элементов продуктивности для их дальнейшего использования в практической селекции в условиях Беларуси.

Цель исследований – оценить новый генофонд льна масличного в условиях Беларуси по основным хозяйственно ценным признакам, выявить образцы, перспективные в качестве исходного материала для практической селекции.

В настоящее время рабочая коллекция льна масличного РУП «Институт льна» насчитывает 304 образца из 34 стран мира. Родиной большинства коллекционных сортообразцов льна масличного являются такие страны, как Россия, США, Канада, Франция. Основная часть имеющихся образцов поступила из коллекций ВИР и ВНИИЛ, остальные из ближнего и дальнего зарубежья. Большинство коллекционных образцов являются межеумками, также имеются промежуточные типы и крупносемянные формы.

При проведении исследований руководствовались методическими указаниями по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) [5], методикой по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность [6], классификатором льна [7]. Агрохимические показатели почвенных участков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвенных участков под посев коллекционных питомников льна масличного в 2016-2020 гг.

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
pH (KCl)	5,5	5,6	5,4	5,15	5,0
Содержание гумуса, %	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Подвижные фосфаты (P_2O_5), мг/кг почвы	260,0	220,0	190,0	235,0	280,0
Обменный калий (K_2O), мг/кг почвы	180,0	242,5	205,0	202,5	210,0

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму, а также по количеству, характеру и периодичности выпадения осадков (рисунок 1).

Предшественники – зерновые культуры. Посев проводили в третьей декаде апреля – первой декаде мая в зависимости от погодных условий года. Посев коллекционного питомника осуществлялся вручную рядовым способом. Рядки для посева маркировали специальным маркером с междурядьем 10 см. Норма высева – 100 визуально здоровых выполненных семян на погонный метр. Сорт-контроль *Салют* высевали через каждые 20 делянок.

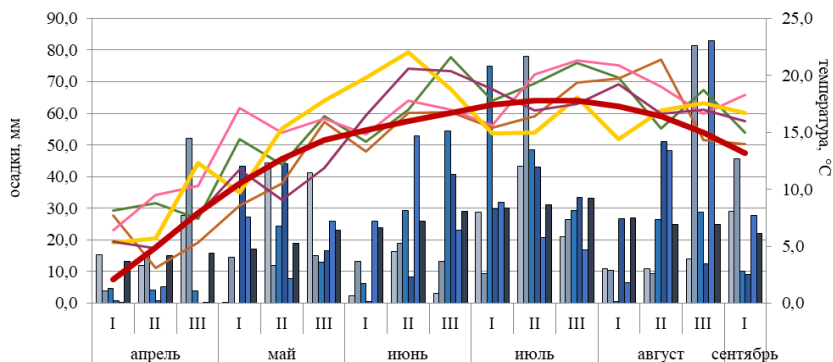


Рисунок 1 – Метеорологические условия проведения исследований
(по данным метеостанции г. Орша, 2016-2020 гг.)

По причине наибольшего проявления и вредоносности фузариозного увядания в зоне льносеяния оценку сортообразцов дополнительно проводили на провокационно-инфекционном фузариозном фоне. Посев проводили луночным способом в поздние сроки (с опозданием в две недели от основных посевов). Высевали по 100 семян каждого сортообразца. Инфекционный фон в полевых условиях создавали методом заражения почвы чистой культурой *Fusarium oxysporum* L. Чистую культуру размножали на зернах овса и вносили в день посева из расчета 500 г/м² на глубину 6-7 см.

В течение вегетации вели фенологические наблюдения с оценкой состояния посевов и фиксированием календарных дат всех фаз развития растений льна – от полных всходов до наступления желтой спелости. При достижении растениями льна масляного желтой спелости, осуществляли уборку делянок вручную. После естественного подсыхания снопов их обмолачивали, затем проводили обмолот вороха, выделение семян и их очистку с помощью сит. На второй день после прохождения ливневых дождей, а также непосредственно перед уборкой, коллекционные сортообразцы оценивали на устойчивость к полеганию по 5-ти бальной шкале.

Сортообразцы коллекции изучали по следующим признакам: продолжительность периода вегетации (сутки); общая высота растений (см); продуктивность семян (г/м²); масса 1000 семян (г); содержание масла в семенах (%); развитие фузариозного увядания (%); устойчивость к полеганию (балл), сбор масла (г/м²); жирнокислотный состав масла (%). Дисперсионный анализ проводили с помощью пакета программ Microsoft Office Excel 2010 по Б.А. Доспехову [8].

Результаты исследований. Изучение 34 образцов льна масляного различного эколого-географического происхождения проведено в коллекционном питомнике в 2016-2020 гг. Исследуемые коллекционные образцы характеризуются дифференциацией по продолжительности вегетационного периода, продуктивности, устойчивости к полеганию, высоте растений.

Продолжительность вегетационного периода является важным биологическим признаком, имеющим большое практическое значение. Генетическое разнообразие коллекционных образцов позволит создавать сорта с разной продолжительностью вегетационного периода. У льна масличного данный признак изменяется в зависимости от генотипа сорта, географического положения местности и метеорологических условий года.

Продолжительность вегетационного периода изученных образцов варьировала от 83 до 95 суток. Период вегетации раннеспелых образцов коллекционного питомника составлял 83-86 суток (*Август*, *LAN2606*, *Северный*, *KE-420*, *Imperial P7699*, *fl.alba*, *Baikal*) и 94-95 суток у позднеспелых форм.

Семенная продуктивность составила в среднем по питомнику 74,5 г/м². Варьирование продуктивности изучаемых образцов находилось в пределах 42,6 – 152,4 г/м² при показателе контрольного сорта *Салют* 105,8 г/м². Максимальная прибавка к контролю получена у сорта российской селекции *Чибис* (46,6 г/м² или 44 %).

Метеорологические условия в годы проведения исследований не способствовали сильному полеганию посевов. Корневое полегание отмечено у образцов *Istru* (3 балла), *Август* (3,5 балла), *Блакитно помаранчевый* (3,75 балла), *AC Emerson* (3,75 балла), *Янтарь* (4,0 балла) и *Кинельский 2000* (4,25 балла). Средний балл по питомнику составил 4,78 балла.

Установлено, что при возделывании льна на маслосемена оптимальная средняя высота растений должна составлять 45-60 см. Высота изученных образцов льна масличного варьировала в пределах 40-75 см. На основании проведенной оценки выделены низкорослые, продуктивные, устойчивые к полеганию, преимущественно средне- и позднеспелые сортообразцы *AC Emerson*, *Baikal*, *Entre-Rios*, *Чибис*, перспективные для дальнейшей селекционной работы.

Весьма важным признаком в семеноводстве льна масличного является масса 1000 семян, так как увеличение размера семян облегчает их очистку при доработке. Большинство сортов льна масличного имеют массу 1000 семян от 4 до 9 г, и этот показатель является сортовой особенностью. Однако не только генотип сорта определяет, какие будут сформированы семена, поскольку условия выращивания, а также их взаимодействие оказывают влияние на конечную величину этого показателя. В коллекционном питомнике масса 1000 семян варьировала от 5,04 до 8,25 г. Поскольку большинство растений были внешне здоровыми и нормально развитыми, то можно предположить, что различия по массе 1000 семян изучаемых образцов в основном были обусловлены их генотипом. Выделены образцы с высокой массой 1000 семян, использование которых в селекции будет целесообразно: *Северный* (6,82 г), *Август* (6,97 г), *LONGYA-8* (6,93 г), *KE-420* (7,21 г), *LONGYA-10* (7,46 г), *Duches* (8,09 г), *YF-18* (8,23 г), *YF-04* (8,25 г).

Одним из важных и основных направлений в селекции льна масличного является создание сортов с высоким содержанием масла в семенах. Величина данного показателя зависит от сорта, условий произрастания (удобрения, обработка почвы), степени зрелости семян.

В результате исследований были выделены высокомасличные коллекционные формы: *Sumpersky* и *YF-04* (среднее содержание масла 42,0 %), *Блакитно помаранчевый* (43,2 %), *Оригинал* (43,6 %), *Август* (44,7 %) (рисунок 2).

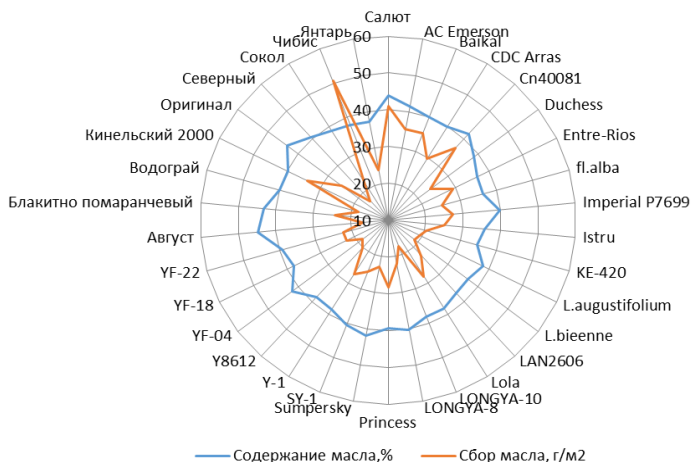


Рисунок 2 – Содержание и сбор масла у коллекционных образцов льна масличного

Сбор масла у образцов коллекции варьировал в пределах 16,8-50,7 г/м². По этому признаку выделены образцы *Кинельский 2000* (34,1 г/м²), *AC Emerson* (35,3 г/м²), *Baikal* (35,4 г/м²), *Cn40081* (36,6 г/м²), *Чибис* (50,7 г/м²). Вышеперечисленные образцы представляют селекционную ценность в качестве источников высокого содержания масла и продуктивности и будут вовлечены в межсортные скрещивания для получения гибридного материала с повышенным содержанием масла.

Изучение коллекционного материала по устойчивости к фузариозному увяданию позволило выделить высокоустойчивые образцы (развитие болезни в условиях инфекционного фона менее 10%): *Selectiong*, *Minn 187*, *Дебют*, *Небесный*, *Symfonia*, *CI-1247*, *Циан*, *Эврика*, *Оригинал*, *Чибис*, *Блакитно помаранчевый*, а также устойчивые образцы льна масличного (развитие болезни в условиях инфекционного фона 10-20%): *Duchess*, *Entre-Rios*, *Princess*, *L. Soil*, *Янтарь*, *Imperial P7699*, *Lola*, *CBC Bethune*.

При анализе жирнокислотного состава масла коллекционных образцов установлена широкая амплитуда генотипической изменчивости по содержанию α -линоленовой кислоты. А-линоленовая кислота (ALA) относится к незаменимым жирным кислотам, она жизненно важна для здоровья человека, но не синтезируется в организме. Для восполнения запасов ALA необходимо получать ее с пищей. В результате ранжирования коллекционных образцов по содержанию данной кислоты совокупность изученных сортообразцов была разделена на три группы: с содержанием α -линоленовой кислоты до 10 %, с содержанием от 10 до 50 % и с содержанием более 50 % (таблица 2). Боль-

шинство среди изученных образцов характеризуется высоким содержанием α -линоленовой кислоты. Наибольшее количество ω -3 содержалось в сортообразцах *Фокус* (61,26 %), *Альянс* (60,10 %), *Брестский* (52,60 %), *Визирь* (55,44 %), *Бонус* (55,0 %), *Славянин* (50,9 %) и *Салют* (52,3 %), *Mickael* (55,60 %). Они пригодны для использования в лакокрасочной промышленности при приготовлении лаков и олифы.

Таблица 2 – Ранжирование коллекционных образцов по содержанию α -линоленовой кислоты

Признак	Градация признака	Сортообразцы
Высокое содержание полиненасыщенной жирной кислоты (ω -3) (более 50 %)	50,9-61,26%	Фокус, Альянс, Брестский, Визирь, Бонус, Славянин, Салют, Mickael
Среднее содержание полиненасыщенной жирной кислоты (ω -3) (10-42 %)	33,91 – 42,0%	Циан, Дар
Низкое содержание полиненасыщенной жирной кислоты (ω -3) (менее 10 %)	4,0-6,8%	Исток, ЛМ-98

Средним содержанием α -линоленовой кислоты характеризуются два сорта – *Циан* (33,91 %) и *Дар* (42,0 %), которые пригодны для использования в медицинских целях и косметологии. К образцам с низким содержанием ω -3 отнесли желтосемянные формы *Исток* (6,80 %) и *ЛМ-98* (4,00 %). Это образцы пищевого назначения.

Заключение

В результате изучения коллекционных образцов льна масличного по основным селекционно-ценным признакам выделены источники высокой семенной продуктивности, высокой массы 1000 семян, устойчивости к фузариозному увяданию, короткостебельные (до 60 см), высокого содержания масла в семенах, сбора масла с единицы площади, перспективные для включения в селекционный процесс. Анализ жирнокислотного состава масла коллекционных образцов позволил ранжировать сортообразцы по содержанию полиненасыщенной α -линоленовой кислоты. Полученные результаты будут использованы в селекционной практике для создания новых конкурентоспособных сортов льна масличного, адаптированных к условиям Беларуси, с высокими показателями продуктивности и качества.

Литература

1. De Candolle A. Origine des Plantes Cultivees / A. De Candolle. – Paris: Germer Bailiere, 1882 – P. 7–13.
2. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): монография / А.А. Жученко. М.: Изд-во РГДН, 2001. – Т. 1. – 811 с.

3. Лучкина, Т.Н. Изучение мировой коллекции льна как исходного материала для селекции в условиях Ростовской области / Т.Н. Лучкина // Масличные культуры. – Краснодар, 2010. – Вып. 2 (144-145). – С. 102-107.

4. Ценность генофонда льна масличного по хозяйственным признакам и создание на его основе сортов в условиях южной степи Украины / Т.Г. Товстановская, М.Н. Ягло // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 55-59.

5. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / под ред. канд. с.-х. наук Н.К. Лемешева. – Ленинград, 1988. – 29 с.

6. Методика по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность / Государственное учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск. – 2004. – 274 с.

7. Широкий унифицированный классификатор СЭВ вида *Linum usitatissimum* L. (лен). – Ленинград, 1987.

8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1972. – 399 с.

STUDY OF OIL FLAX GENE POOL

M.E. Maslinskaya, E.L. Andronik, E.V. Ivanova

The article summarizes the results of studying the samples from the oil flax collection nursery with respect to the key economically important traits in 2016-2020. The sources of high seed productivity, high 1000-grain weight, short stems (up to 60 cm), high oil content in seeds and oil yield per acre were identified. On the basis of the obtained results trait specific collections were formed in terms of productivity, 1000-grain weight, oil content and fatty acid composition of oil for further use in breeding work.

УДК 633.854.54:551.5(476)

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВНЫЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Маслинская М.Е., кандидат с.-х. наук

РУП «Институт льна», аг. Устье, mme-83@tut.by

(Поступила 26.03.2021)

Рецензент: Гриб С.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье проведен анализ влияния метеорологических условий 2015-2020 гг. на основные хозяйственно-ценные признаки льна масличного. Установлено значительное влияние суммы осадков и продолжительности вегетационного периода на величину таких показателей, как продуктивность семян, масса 1000 семян, накопление масла в семенах, сбор масла с гектара посева. Сумма активных температур оказала влияние лишь на общую продолжительность вегетационного периода ($r=-0,647$). Полученные результаты свидетельствуют о возможности выращивания льна масличного и получения высоких урожаев культуры в условиях Беларуси.

Лен масличный (*Linum usitatissimum* L.) – ценная сельскохозяйственная культура многостороннего использования. В настоящее время это одна из

наиболее востребованных культур в мире. За период с 2009 г. по 2018 г. мировое производство льна масличного увеличилось в 1,5 раза до 3,5 млн тонн. Крупнейшими мировыми производителями являются Казахстан, Канада и Россия. По прогнозу ФАО к 2024 г. можно ожидать увеличение спроса на семена льна на мировом рынке на 21 % или на 400 тыс. тонн к уровню 2019 г., льняного масла – на 260 тыс. тонн или более чем вдвое. Согласно статистике ФАО, в 2018 г. на долю России приходилось 16 % общего производства (у Казахстана – 26 %, у Канады – 19 %). [1]. Средняя урожайность льна масличного составляет в мире 10,0 ц/га, в Европе 12,0-14,0 ц/га. Льняное масло благодаря высокому содержанию полиненасыщенных жирных кислот широко используется в различных отраслях промышленности. Рентабельность культуры достигает 95 % [2].

Сырьевую основу масложирового подкомплекса в Республике Беларусь составляет производство маслосемян в основном только из рапса. Лен масличный в Беларуси занимает небольшой сегмент на рынке масличного сырья (1,5-2,5 тыс. га). Это связано с ограниченностью сфер сбыта как самих маслосемян, так и продуктов переработки льна. Но именно экспортный спрос является стимулом к увеличению производства льна масличного, который очень востребован в странах Европейского Союза [3].

Почвенно-климатические условия позволяют возделывать лен масличный во многих регионах Беларуси. Потенциальная урожайность семян льна масличного достигает 26,4 ц/га при испытании сортов на Госсортоучастках республики [4].

Лен масличный является относительно холодостойким и влаголюбивым растением длинного дня, поэтому требует раннего срока сева. Опоздание с посевом приводит к резкому снижению урожайности [5]. Для выращивания культуры можно использовать обычные сельскохозяйственные машины, которые используют при возделывании зерновых культур [6].

Все признаки у льна масличного изменяются в определенных пределах в зависимости от природно-географических условий выращивания и метеорологических условий года. Уровень продуктивности растений определяется как наследственностью генотипа, так и окружающей средой, где реализуется потенциал, а, самое главное, почвенно-климатическими условиями, необходимыми для нормального роста и развития растений [7].

Цель исследований – изучить влияние метеорологических условий Беларуси на изменение хозяйственно-ценных признаков льна масличного.

В качестве объекта исследований использовался сорт льна масличного *Салют*, который является сортом-контролем в Республике Беларусь с 2014 г. Кроме того, сорт районирован по Волго-Вятскому, Нижневолжскому и Западно-Сибирскому регионам России. Сорт позднеспелый, голубоцветковый. Семена коричневые, крупные. Устойчив к полеганию (балл устойчивости 5,0). Проявил высокую устойчивость к расам фузариозного увядания, внесенным в инфекционно-провокационный питомник (поражение болезнями на инфекционном фоне 20,7 %). Урожайность семян 18,9 ц/га, масса 1000 семян 5,8 г, содер-

жание масла 50,5 %, содержание α -линоленовой кислоты 48,7 %, период вегетации 88 суток.

Почва характеризуется средним содержанием гумуса (1,6-1,7 %), содержание подвижных форм фосфора составляет 155,0-280,0 мг/кг, обменного калия – 180,0-242,5 мг/кг почвы. Кислотность почвы (рН KCl) варьировала от 5,0 до 5,6 единиц (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы

Показатель	Год исследований					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
pH _{KCl}	5,4	5,5	5,6	5,4	5,15	5
P ₂ O ₅	155	260	220	205	235	280
K ₂ O	195	180	242,5	190	202,5	210
гумус, %	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

Посев льна масличного осуществляли сеялкой точного высева Wintersteiger с нормой высева 8-10 млн всхожих семян на 1 га. Предшественники – зерновые культуры. Учетная площадь делянки – 10 м². Повторность – четырехкратная. Уход за посевами осуществлялся согласно общепринятой технологии возделывании льна масличного. Во время вегетации растений проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием растений.

Гидротермический коэффициент определяли по формуле, предложенной Г.Т. Селяниновым. Статистическую обработку данных осуществляли согласно методике Б.А. Доспехова [8].

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму, а также по количеству, характеру и периодичности выпадения осадков (рисунок 1).

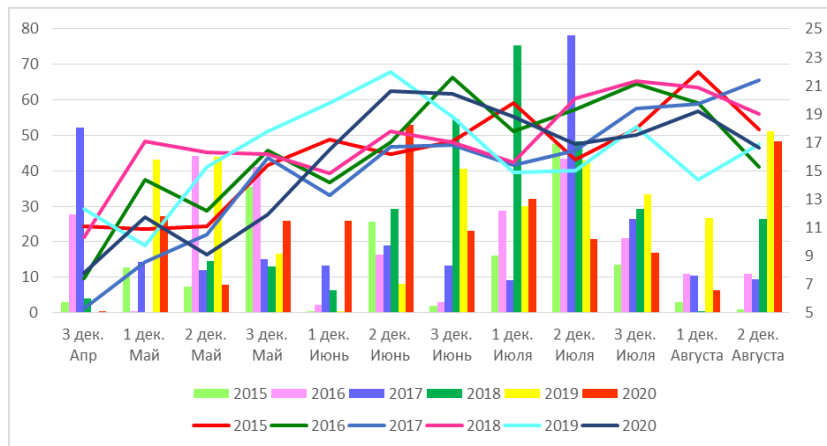


Рисунок 1 – Метеорологические условия периода вегетации (2015-2020 гг.) (метеостанция г. Орша)

Анализируя погодные условия возделывания льна масличного в 2015-2020 гг. установлено, что 2018 г., 2019 г. и 2020 г. были избыточно увлажненными (ГТК составил 1,53, 1,53 и 1,40 соответственно). 2015 г. был засушливым (ГТК – 0,95), а 2016 г. и 2017 г. были обеспеченно увлажненными (таблица 2).

Таблица 2 – Гидротермические условия периодов развития льна масличного

Год	Сумма активных температур, °С				Сумма осадков, мм				Гидротермический коэффициент			
	«посев-всход»	«всход-цветение»	«цветение-желтая спелость»	период вегетации	«посев-всход»	«всход-цветение»	«цветение-желтая спелость»	период вегетации	«посев-всход»	«всход-цветение»	«цветение-желтая спелость»	период вегетации
2015	220	770	756	1746	15,7	70,7	80,2	166,2	0,71	0,92	1,06	0,95
2016	144	814	780	1738	0,3	107,1	104,1	211,5	0,02	1,32	1,33	1,22
2017	191	781	769	1741	26,4	69,6	124,2	220,2	1,38	0,89	1,62	1,26
2018	171	821	779	1771	0,0	117,4	153,5	270,9	0,00	1,43	1,97	1,53
2019	180	626	888	1694	0,7	104,1	154,9	259,7	0,04	1,66	1,74	1,53
2020	195	785	724	1704	27,3	135,4	76,1	238,8	1,40	1,72	1,05	1,40

В 2015 г. посев проведен 25 апреля, при этом наблюдалась достаточно теплая погода с достаточным количеством осадков. Появление всходов отмечено на 9 сутки (таблица 3). На фоне высоких температур мая и июня наблюдался дефицит осадков. Данная тенденция сохранилась и на протяжении всего вегетационного периода 2015 г. В июле отмечена средняя температура воздуха в пределах нормы (17,8 °С), осадков выпало 77,2 мм. Продолжительность вегетационного периода составила 89 суток, продуктивность семян 21,7 ц/га, масса 1000 семян 6,5 г, содержание масла в семенах 46,6 %.

В 2016 г. весна была более холодной и продолжительной, в связи с чем посев питомника селекционного сортоиспытания проведен 04 мая. Средняя температура в 1 декаде мая превышала норму на 3,9 °С, при этом наблюдался дефицит осадков. Благодаря почвенной влаге и высоким температурам появление всходов отмечено на 5 сутки после посева. Во второй и третьей декадах мая выпало значительное количество осадков (206 % от нормы) при величине средних температур на уровне многолетних. В июне наблюдался недобор осадков при достаточно высоких температурах. Нарастание температур продолжилось в июле (отмечено превышение нормы на 1,7-2 °С), данный период характеризовался также значительным количеством осадков. Сложившиеся условия привели к сокращению продолжительности вегетационного периода до 86 суток, при этом продуктивность семян составила 22,2 ц/га, масса 1000 семян 6,2 г, содержание масла 41,7 %.

В 2017 г. посев проведен 06 мая при достаточно низкой температуре воздуха (8,6 °С), что привело к позднему появлению всходов на 11 день после по-

сева. Количество осадков, выпавших во второй-третьей декадах мая и июне, было значительно ниже нормы. Однако в июле ситуация изменилась коренным образом: количество выпавших осадков составило четыре нормы, при этом основное их количество (300 % от нормы) отмечено во второй декаде июля. Температуры августа превышали среднемноголетние на 1,8-4,4 °С, при этом также количество осадков сократилось. Продолжительность вегетационного периода составила 87 суток, продуктивность семян – 23,4 ц/га, масса 1000 семян – 6,7 г, содержание масла – 41,4 %.

Посев питомника селекционного сортоиспытания в 2018 г. проведен 02 мая при высоких температурах воздуха (17,1 °С, что на 6,1 °С выше климатической нормы) при значительном дефиците осадков, которых в первой декаде мая не отмечено. Появление всходов отмечено на пятые сутки. Вторая-третья декады мая и первая-вторая декады июля характеризовались температурами на уровне климатической нормы при достаточном количестве осадков. Конец июня и июль выдались дождливыми, за данный период выпало 207,4 мм осадков при средних значениях температур на уровне климатической нормы. Это способствовало полеганию посевов, снижению урожайности и крупности семян. Так, продуктивность семян получена на уровне 9,9 ц/га, масса 1000 семян составила 5,5 г, содержание масла 39,2 %.

Низкие температуры в период посева льна масличного в 2019 г. и отсутствие осадков привели к появлению всходов лишь на 9 день после посева. Наблюдалось медленное нарастание температур при обильном количестве осадков в мае. Июнь выдался теплым, осадки прекратились, однако в июле вновь прошли дожди, которые не способствовали получению высоких урожаев. Продолжительность вегетационного периода составила 89 суток, продуктивность семян 11,1 ц/га, масса 1000 семян 6,82 г, содержание масла 42,8 %.

В 2020 г. посев проведен 21 апреля при средней температуре воздуха 7,8 °С и дефиците осадков, обильное количество которых отмечено в 1 декаде мая. Всходы появились на 12 день после прохождения дождей. Вторая и третья декады мая отмечены низкими температурами, нарастание которых началось лишь с первой декады июня. Июнь и июль характеризовались температурным режимом и количеством осадков на уровне климатической нормы. Однако вследствие более растянутого периода «всходы-цветение», общая продолжительность вегетационного периода составила 94 дня, продуктивность 11,0 ц/га, масса 1000 семян 5,8 г, содержание масла 43,9 %.

Таблица 3 – Основные календарные даты развития льна масличного

Фаза развития	Год исследований					
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Посев	25 апреля	04 мая	06 мая	02 мая	18 апреля	21 апреля
Всходы	04 мая	09 мая	17 мая	07 мая	27 апреля	03 мая
Цветение	24 июня	27 июня	03 июля	26 июня	14 июня	24 июня
Желтая спелость	01 августа	02 августа	11 августа	07 августа	24 августа	04 августа

При определении влияния межфазных периодов на формирование основных хозяйственно-ценных признаков установлено, что продолжительность периода «посев-всходы» отрицательно коррелируют с таким показателем, как высота растений ($r=-0,823$), а накопление масла в значительной мере определяется продолжительностью данного периода ($r=0,511$). Продолжительность периодов «всходы-цветение» и «цветение-желтая спелость» определяет общую продолжительность вегетационного периода ($r=0,701$ и $r=0,817$ соответственно), которая, в свою очередь, отрицательно коррелируют с такими показателями продуктивности, как урожайность семян ($r=-0,820$), масса 1000 семян ($r=-0,709$), сбор масла ($r=-0,778$). Увеличение продолжительности периода «цветение-желтая спелость» способствует увеличению общей продолжительности периода вегетации ($r=0,817$), и отрицательно сказывается на продуктивности семян ($r=-0,850$) и сборе масла с гектара посева ($r=-0,871$).

Установлено, что более высокая сумма активных температур способствует сокращению вегетационного периода ($r=-0,676$). Отрицательные корреляционные зависимости средней силы отмечены между суммой активных температур в период «всходы-цветение», и таким показателем, как масса 1000 семян ($r=-0,663$), и положительные корреляционные зависимости средней силы между данным показателем и суммой активных температур в период «цветение-желтая спелость» ($r=0,520$).

Значительное влияние на большинство изучаемых показателей оказывает сумма осадков, особенно в периоды «всходы-цветение» и «цветение-желтая спелость». Так, увеличение количества осадков в период «всходы-цветение» приводит к снижению продуктивности семян, массы 1000 семян и сбора масла с гектара посева ($r=-0,776$, $r=-0,718$ и $r=-0,785$ соответственно), в период «цветение-желтая спелость» обуславливает снижение накопления масла в семенах ($r=-0,731$). Увеличение количества осадков за весь период вегетации приводит к снижению продуктивности семян ($r=-0,804$), сбора масла с гектара посева ($r=0,882$) и масличности семян ($r=-0,731$).

Гидротермические условия как всего периода вегетации, так и отдельных периодов развития растений льна масличного также оказывали влияние на такие показатели, как продуктивность семян, содержание масла и сбор масла с гектара посева ($r=-0,817$, $r=-0,674$, $r=-0,889$ соответственно).

Заключение

Формирование основных хозяйственно-ценных признаков льна масличного определяется метеорологическими условиями как всего вегетационного периода, так и отдельных периодов роста и развития растений. Продуктивность семян определяют, главным образом, продолжительность вегетационного периода, и периода «цветение-желтая спелость» ($r=-0,820$ и $r=-0,850$ соответственно), а также количество осадков в течение всего вегетационного периода ($r=-0,804$), и периода «всходы-цветение» ($r=-0,776$). Масса 1000 семян зависит от всех анализируемых факторов: общей продолжительности вегетационного периода ($r=-0,709$), суммы активных температур в период

«всходы-цветение» и «цветение-желтая спелость ($r=-0,663$ и $r=-0,520$ соответственно), а также количества осадков в период «всходы-цветение» ($r=-0,718$). На накоплении масла в семенах отрицательно сказывается количество осадков, выпавших в течение всего вегетационного периода ($r=-0,731$). На сбор масла влияние оказывает как общая продолжительность вегетационного периода, так и сумма осадков, отмеченных в течение данного периода ($r=-0,778$ и $r=-0,882$ соответственно). Метеорологические условия Республики Беларусь благоприятны для выращивания льна масличного и получения высоких урожаев культуры.

Литература

1. AGROEXPORT [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aemcx.ru/2020/05/15/россия-лидер-по-экспорту-масличного/> / Дата доступа. – 10.03.2021
2. Витковская, Ю.С. Особенности прорастания семян льна масличного под влиянием гипотермического стресса / Ю.С. Витковская, И.А. Полякова, Н.П. Синяева // Научно-технический бюллетень Института олійних культур НААН. – 2020. – № 29. – С. 56-66.
3. Чирик, Д.П. Лен масличный в Беларуси – перспективы очевидны / Д.П. Чирик // Наше сельское хозяйство. – 2016. – №19. – С. 21-23.
4. Результаты испытания сортов сельскохозяйственных растений, картофеля, овощных, плодовых и ягодных, рапса озимого и ярового, сои, подсолнечника, льна-долгунца и льна масличного на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2016-2018 годы: сборник материалов / Минсельхозпрод РБ, ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»: сост. С.А. Любовецкий [и др.]. – Минск, 2019. – С.179-180.
5. Рекомендації по вирощуванню льону олійного у Запорізькій області / А.В. Чехов [и др.]. – Запоріжжя: Інститут олійних культур УААН, 2010. – 15 с.
6. Мамырко, Ю.В. Изменение элементов структуры урожая льна масличного в зависимости от гидротермических условий, применения удобрений и нормы высева семян / Ю.В. Мамырко, А.С. Бушнов // Зерновое хозяйство России. – 2020. – №1 (67). – С. 11-16.
7. Полонецкая, Л.М. Морфобиологическая характеристика и анализ изменчивости количественных признаков и генотипов льна масличного (*Linum Ussitatissimum* L.) / Л.М. Полонецкая, В.И. Сакович, Л.В. Хотылева // Вести Национальной академии наук Беларуси. – 2007. – №1. – С. 32-34.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат., 1985. – 351 с.

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS OF BELARUS ON THE MAIN ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS OF OIL FLAX

M.E. Maslinskaya

The article analyzes the influence of meteorological conditions of 2015-2020 on the main economically important traits of oil flax. A significant impact of the amount of precipitation and duration of the vegetation period on such indicators as seed productivity, 1000-grain weight, oil content in seeds, oil yield per hectare of crops was established. The sum of active temperatures only affected the overall duration of the vegetation period ($r = -0,647$). The obtained results witness the possibility of cultivating oil flax and obtaining high yields of the crop under the conditions of Belarus.

СОХРАНЕНИЕ ТИПИЧНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО СОРТА ФОКУС ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА

Е.В. Иванова, Е.Л. Андроник, М.Е. Маслинская, кандидаты с.-х. наук

РУП «Институт льна»

(Поступила 30.03.2021)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приведены результаты отбора элитных растений льна масличного (на примере сорта Фокус) общепринятым методом ($\pm 50\%$ M_0 по признакам высота и количество коробочек с растения), а также методами кластерного и дискриминантного анализов по комплексу морфологических признаков с использованием критерия отбора $\pm 2\sigma$. В результате дискриминантного анализа определены признаки, играющие наибольшую роль в межгрупповых различиях популяции сорта (длина соцветия, масса соцветия, масса и количество семян с растения), которые позволяют отбирать растения, наилучшим образом отражающие его типичность и однородность. Эффективность использования дискриминантного анализа заключалась в увеличении количества отбираемых типичных растений сорта в сравнении с общепринятым методом отбора на 20,9-31,0 %.

В ходе репродуцирования сортов объективно и неизбежно действуют факторы, приводящие к ухудшению, снижению их урожайности [1]. Основные из них – биологическое и механическое «засорение», мутации, «потеря» устойчивости к патогенам, изменение биотипического состава. В ходе качественного первичного семеноводства от многих нежелательных «присутствий» в сорте, кроме потери устойчивости к патогенам, можно избавиться. Поэтому специфичность каждого районированного сорта льна масличного должна постоянно поддерживаться на основе сохранения его первоначальной генетической конструкции путем непрерывного отбора типичных для сорта высокопродуктивных генотипов.

Даже после длительного периода селекционно-семеноводческой работы, в хорошо отработанных в селекционном плане популяциях сортов сохраняется довольно высокая амплитуда колебаний по всем основным хозяйственно полезным признакам (количеству семян с растения, количеству коробочек на растении и др.) и появляются формы, которые по комплексу хозяйственно полезных признаков являются плюс- и минус вариантами по сравнению со средними показателями сорта [2]. Это можно устранить использованием в процессе семеноводства отбора, при котором элиминируются отклонения, нарушающие адаптивность признака, симметрично в частях распределения его изменчивости. Он сохраняет уже существующую популяционную норму по отбираемому признаку [3, 4].

Материалы и методы. Исследования по первичному семеноводству льна масличного проводили на опытных участках севооборота РУП «Институт льна» в

2018-2020 гг. Исходным материалом служили растения м.э. 2-го года сорта льна масличного *Фокус*. Почва опытного участка под закладку питомника дерново-подзолистая, развивающаяся на среднем лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины ниже 1 м мореным суглинком. Агрохимические показатели почвенных участков под посев льна масличного приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвенных участка под посев коллекционных питомников льна масличного

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.
pH (KCl)	5,4	5,15	5,0
Содержание гумуса, %	1,6	1,6	1,6
Подвижные фосфаты (P_2O_5), (мг/1 кг почвы)	290,0	235,0	280,0
Обменный калий (K_2O), (мг/1 кг почвы)	205,0	202,5	210,0

Общее количество ежегодно отобранных растений по сорту – 400 штук. Структурный анализ растений проводили в лаборатории селекции льна масличного. Исследовали общую высоту, техническую длину, длину соцветия, количество коробочек на 1 растении, количество семян на 1 растении, количество семян в 1 коробочке, массу семян с растения, массу 100 семян, массу коробочек, массу соцветия, массу технической части стебля, массу мякины.

Кластерный анализ проводили в модуле Cluster Analysis, используя алгоритм k-means и предварительную стандартизацию данных [5, 6]. В качестве метрики использовали Euclidean distances. Для идентификации типичных растений также проводили дискриминантный анализ с использованием в качестве метрики квадрат расстояния Махаланобиса [7-9] (использовали классификацию растений популяции сорта, полученную при проведении кластерного анализа).

Статистическую обработку проводили с использованием программы Statistica 10.

Результаты исследований и обсуждение. Пределы модификационной изменчивости и пределы варьирования признаков с сохранением их типичности у сортов льна масличного определяли границами процентилей 2 % и 98 %, что соответствует критерию $\pm 2\sigma$ (таблицы 2). Расчет этих показателей позволил установить, что по изучаемым признакам типичность популяции растений сорта *Фокус* сохранялась на уровне 96,0-98,0 %, а выброс крайних нетипичных вариантов (растений) в зависимости от признака не превышал 4 %.

Общепринятый отбор. Высота растений сорта *Фокус* в 2018 г. находилась в пределах 50,0-84,0 см, размах изменчивости составил 34,0 см. Распределение признака оказалось нормальным (рисунок 1а). Разброс значений по количеству коробочек у растений сорта составил 6-40 штук. Проверка на нормальность распределения этого признака выявила асимметрию (рисунок 1б). Нормальность распределения признака оставалась неизменной в последующие годы исследований.

По критерию $\pm 50\% M_o$ по признаку «высота растений» у сорта *Фокус* отобрано 273 растения (или 68,25 % от исходных) с градацией признака в пределах

Таблица 2 – Максимальные пределы варьирования признаков, обеспечивающие стабильность и типичность популяции у сорта *Фокус*

Признак	Процентиль		Растений в интервале процентилей	
	2 %	98 %	шт.	%
Высота растений, см	54,0	74,0	392	98,0
Техническая длина, см	28,0	47,0	390	97,5
Длина соцветия, см	18,0	40,0	387	96,8
Коробочек на растении, шт.	8,0	31,0	388	97,0
Количество семян на растении, шт.	43,5	214,0	384	96,0
Количество семян в коробочке, шт.	4,4	8,8	387	96,8
Вес семян с растения, г	0,27	1,43	384	96,0
Вес 100 семян, г	0,51	0,77	390	97,5
Вес коробочек с растения, г	0,43	2,11	384	96,0
Вес соцветия, г	0,63	3,47	383	95,8
Вес технической части стебля, г	0,36	1,10	389	97,3
Вес мякины, г	0,094	0,740	384	96,0

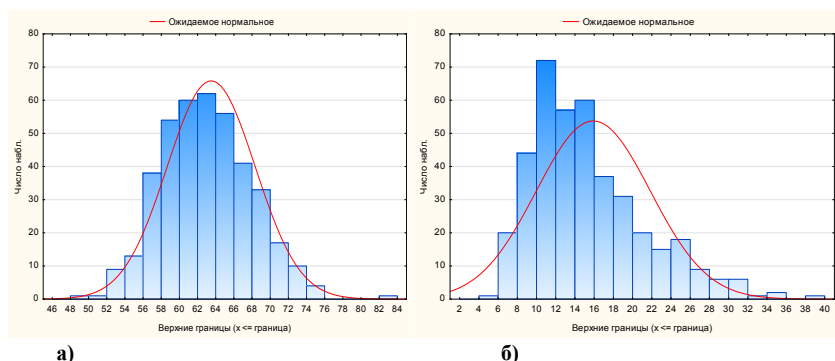


Рисунок 1 – Гистограммы распределения признаков отбора у сорта *Фокус*: а) высота растений (см); б) количество коробочек на растении (шт.)

59-68 см (таблица 3). Выбросом при проведении отбора по высоте стали 127 растений с градацией 50-58 см и 69-84 см.

Продолжив отбор по признаку «количество коробочек на растении» по критерию $\pm 50\% M_0$, выделили 197 растений (или 84,56 %) от исходных 273 с градацией признака 11-18 коробочек на растении (таблица 4).

Выброс при этом составил еще 76 растений сорта с количеством коробочек на растении 6-10 шт. и 19-36 шт.

Общая эффективность отбора по двум признакам по критерию $\pm 50\% M_0$ у сорта *Фокус* оказалась равной 49,23 %. Общепринятый отбор в полной мере обеспечивал сохранение необходимой типичности популяции сорта *Фокус*. Вес объединенной партии семян, отобранных в результате отбора общепринятым

Таблица 3 – Анализ сортовой типичности растений сорта *Фокус* по высоте растений

Группы растений по высоте, см	Растений (х) в группе, шт.	Растений в группе, %	Типичность
<i>Исходное количество – 400 растений</i>			
48,0<х<=50,0	1	0,25	±50% Мо = 273 растений (68,25%), интервал сортовой типичности 59-68 см
50,0<х<=52,0	1	0,25	
52,0<х<=54,0	9	2,25	
54,0<х<=56,0	13	3,25	
56,0<х<=58,0	38	9,50	
58,0<х<=60,0	54	13,50	
60,0<х<=62,0	60	15,00	
62,0<х<=64,0	62	15,50	
64,0<х<=66,0	56	14,00	
66,0<х<=68,0	41	10,25	
68,0<х<=70,0	33	8,25	
70,0<х<=72,0	17	4,25	
72,0<х<=74,0	10	2,50	
74,0<х<=76,0	4	1,00	
76,0<х<=78,0	0	0,00	
78,0<х<=80,0	0	0,00	
80,0<х<=82,0	0	0,00	
82,0<х<=84,0	1	0,25	

Таблица 4 – Анализ сортовой типичности растений сорта *Фокус* по количеству коробочек на растении

Группы растений по количеству коробочек на растении, шт.	Растений в группе, шт.	Растений в группе, %	Типичность
<i>Исходное количество растений – 273 растения</i>			
4,0<х<=6,0	1	0,37	±50% Мо = 197 растения (84,56%), интервал сортовой типичности 11-18 шт.
6,0<х<=8,00	12	5,15	
8,0<х<=10,0	27	11,59	
10,0<х<=12,0	54	23,18	
12,0<х<=14,0	40	17,17	
14,0<х<=16,0	44	18,89	
16,0<х<=18,0	32	13,73	
18,0<х<=20,0	23	9,87	
20,0<х<=22,0	16	6,86	
22,0<х<=24,0	8	3,43	
24,0<х<=26,0	10	4,29	
26,0<х<=28,0	2	0,86	
28,0<х<=30,0	1	0,37	
30,0<х<=32,0	1	0,37	
32,0<х<=34,0	1	0,37	
34,0<х<=36,0	1	0,37	

методом в 2018 г., составил 113,1 г, в 2019 г. и 2020 г. наработаны партии семян 118,7 г и 128,0 г соответственно.

Отбор методом k-means. Согласно формуле евклидовой меры, использующейся при кластеризации, переменная, имеющая большие значения, практически полностью доминирует над переменной с малыми значениями. Для решения этой проблемы значения признаков стандартизировали. Начальными центрами классов были выбраны наблюдения, максимизирующие расстояния между классами. В результате получено 3 кластера. После получения результатов классификации рассчитывали среднее значение признаков по каждому кластеру и проводили дисперсионный анализ (таблица 5), чтобы оценить, насколько кластеры различаются между собой.

Таблица 5 – Дисперсионный анализ полученных кластеров

Признак	Межгрупповая дисперсия	Степень свободы	Внутригрупповая дисперсия	Степень свободы	F-статистика	p-значимость
Высота растений, см	102,71	2	296,28	397	68,82	<0,001
Техническая длина, см	130,96	2	268,04	397	96,98	<0,001
Длина соцветия, см	257,09	2	141,90	397	359,63	<0,001
Коробочек на растении, шт.	303,11	2	95,89	397	627,45	<0,001
Количество семян на растении, шт.	299,50	2	99,50	397	597,46	<0,001
Количество семян в коробочке, шт.	56,63	2	342,37	397	32,83	<0,001
Вес семян с растения, г	307,60	2	91,40	397	68,03	<0,001
Вес 100 семян, г	24,20	2	374,80	397	12,81	<0,001
Вес коробочек с растения, г	323,61	2	75,39	397	852,05	<0,001
Вес соцветия, г	325,42	2	73,57	397	877,94	<0,001
Вес технической части стебля, г	207,36	2	101,64	397	214,79	<0,001
Вес мякоти, г	273,70	2	125,29	397	433,60	<0,001

Значение $p < 0,01$ по всем признакам, что говорит о значимом различии полученных кластеров, а значения F-статистики позволили выявить определяющие классификацию признаки: масса соцветия, масса коробочек с растения, количество коробочек и количество семян на растении, масса мякоти и длина соцветия.

После переноса и сохранения классификации к исходным (не стандартизированным) данным, были вычислены средние для каждого класса (таблица 6) и соотнесены со средним популяционным значением соответствующего признака.

Просмотр наблюдений, входящих в каждый из кластеров, позволил определить, что в каждом из них находятся растения со схожей нормой реакции.

Таблица 6 – Средние значения кластеров (не стандартизированные данные) и стандартные отклонения

Признак	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Средняя популяции
Растений в группе, шт.	88	150	162	400
Растений в группе, %	22,0	37,5	40,5	100
Высота растений, см	68,12±3,34	62,11±4,77	62,27±4,01	63,50±4,85
Техническая длина, см	33,58±3,06	39,68±5,08	34,08±3,33	36,07±4,90
Длина соцветия, см	34,54±3,68	22,43±3,40	28,19±3,22	27,43±5,68
Коробочек на растении, шт.	24,78±4,36	10,90±2,14	15,72±2,54	15,91±5,94
Количество семян на растении, шт.	168,06±37,63	64,58±13,37	106,01±17,21	104,13±44,56
Количество семян в коробочке, шт.	6,79±0,87	5,99±1,03	6,81±0,97	6,50±1,05
Вес семян с растения, г	1,11±0,24	0,41±0,09	0,70±0,11	0,68±0,30
Вес 100 семян, г	0,67±0,06	0,63±0,07	0,67±0,06	0,65±0,07
Вес коробочек с растения, г	1,69±0,29	0,62±0,13	1,05±0,17	1,03±0,44
Вес соцветия, г	2,69±0,49	0,94±0,19	1,61±0,26	1,60±0,72
Вес технической части стебля, г	0,86±0,16	0,51±0,10	0,62±0,12	0,63±0,18
Вес мякоти, г	0,57±0,13	0,21±0,06	0,35±0,09	0,35±0,16

Максимальную биологическую близость к средним значениям популяции сорта *Фокус* отмечали у растений из кластера 3.

Таким образом, методом кластерного анализа k-means по комплексу признаков выделена совокупность элитных растений в популяции сорта *Фокус*, состоящая из 162 растений 3-го кластера (или 40,5 %) с минимальными отклонениями комплекса изучаемых признаков от средней популяционной. Масса партий объединенных семян в результате использования метода по годам исследования составляла 113,9 г в 2018 г., 119,3 г в 2019 г. и 124,7 г в 2020 г.

Дискриминантный анализ. Проведение дискриминантного анализа по результатам классификации растений популяции сорта *Фокус* подтвердил высокое качество разделения растений со схожей нормой реакции. Число значимых признаков в модели сократилось до 4-х (таблица 6); значение лямбды Уилкса – 0,1100; приближенное значение *F*-статистики (12,78) связанной с лямбдой Уилкса = 140,38; $p < 0.0000$. – уровень значимости *F*-критерия для значения 140,38. Определяющим признаком в модели функции является признак «длина соцветия» с наименьшим значением лямбды = 0,106.

Максимальными различиями (расст. Махаланоб. = 33,54 усл. ед.) характеризовались кластеры 1 и 2, которые имели наибольшие отклонения от средней

популяционной. Наибольшим сходством проявления значений признаков обладали растения из кластеров 2 и 3 (9,62 усл. ед.).

Обе полученные в результате дискриминантного анализа функции успешно разделяют кластеры растений сорта *Фокус*, о чем свидетельствуют низкие значения их уровней значимости ($p < 0,01$). Однако первая функция более успешно (высокий коэффициент канонической корреляции ($R = 0,908$) и уровень значимости ($p < 0,01$)), так как учитывает 86,7 % (таблица 7) исходной изменчивости признаков, при том, что вторая только – 13,3%.

Таблица 7 – **Итоги анализа дискриминантных функций (сорт *Фокус*)**

Признак	Уилкса лямбда	Частная лямбда	F- исключение	P- уровень	Толерантность	1- толеран- тность (R-кв.)
<i>Длина соцветия</i>	0,106	0,95	10,02	0,000057	0,468	0,532
Количество семян с рас- тения	0,123	0,82	42,43	0,000000	0,058	0,942
Масса семян с растения	0,109	0,92	16,12	0,000000	0,133	0,867
Масса со- цветия	0,122	0,82	41,81	0,000000	0,180	0,819

С вероятностью 99,38 % были распределены растения в кластер 3. Чуть ниже оказалось вероятность распределения растений во 2-й кластер (91,33 %) и самая низкая вероятность распределения растений сорта в кластер 1 (89,77 %).

Большинство растений 3-го кластера лежат в промежуточных интервалах $\pm 2\sigma$ как относительно функции 1, так и функции 2 (рисунок 2), а также треть растений (55 из 150 распределенных в кластер) из второго кластера и только 7 из 88 растений кластера 1 попадают в этот же промежуток и также являются типичными.

Применение метода дискриминантных функций позволило более точно провести отбор типичных растений сорта льна масличного *Фокус* по комплексу признаков (длина соцветия, масса соцветия, количество семян с растения, масса семян с растения) с учетом критерия $\pm 2\sigma$ в сравнении с общепринятым методом отбора. В результате использования метода выделены наиболее типичные по признакам габитуса и продуктивности растения сорта *Фокус* в количестве 213 штук (или 53,3 % исходной популяции) (таблица 8), чем и подтверждается его эффективность. Партии семян, наработанные путем применения дискриминантного анализа, оказались наибольшими в сравнении с общепринятым методом отбора и отбора методом k-means по годам исследования.

Объединенная масса семян в случае использования этого метода варьировала в пределах 128,67-155,53 г или +23,6 %...+31,0 %. При этом эффективность метода заключалась не только в большем числе отобранных растений и полу-

чении максимальной прибавки, но и в продуктивности каждого растения независимо от условий выращивания (таблица 9).

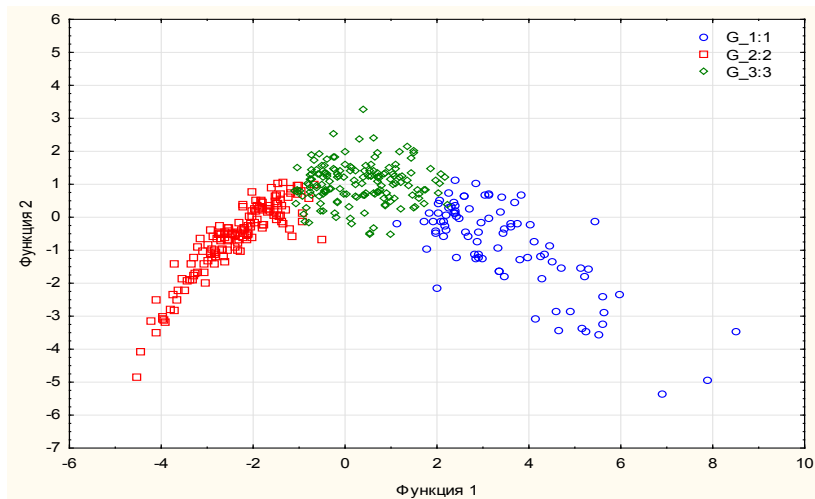


Рисунок 2 - Распределение выборок трех групп растений популяции сорта **Фокус** в пространстве двух функций

Таблица 8 – Основные статистики и стандартизированные коэффициенты дискриминантных функций

Показатель	Функция 1	Функция 2
Стандартизированные коэффициенты		
Длина соцветия	0,211	0,399
Количество семян с растения	-0,566	-2,589
Масса семян с растения	0,189	1,135
Масса соцветия	0,602	-1,264
Основные статистики		
Кумулят. доля	0,866	1,000
Собствен. знач.	4,73	0,72
Р-уровень	0,000..	0,000...
Уилса лямбда	0,101	0,578
Каноническая R	0,908	0,649

Дискриминантный метод может успешно применяться не только для выявления скрытых зависимостей между растениями сорта в пределах популяции по значимым признакам, но и позволяет объективно оценивать сортовую типичность растений сорта и устанавливать степень их подлинности, а также сохранять потенциальные возможности сорта при его производственном использовании.

Таблица 9 – Эффективность отбора растений в популяции льна масличного сорта *Фокус*

Метод отбора	Исходное количество растений	Отобрано растений		Масса партии объединенных семян, грамм	+к общепринятому отбору	
		шт.	%		грамм	%
2018 г.						
1	400	197	49,2	113,10	-	-
2	400	162	40,5	113,85	+0,75	0,6
3	400	213	53,3	136,72	+23,6	20,9
2019 г.						
1	400	215	53,8	118,71	-	-
2	400	187	46,8	121,60	+2,9	2,4
3	400	232	60,5	155,53	+36,8	31,0
2020 г.						
1	400	188	47,0	102,02	-	-
2	400	164	41,0	95,51	-	-
3	400	201	51,6	128,67	+26,65	26,1

1 – Общепринятый семеноводческий метод отбора

2 – Метод k-means с применением Евклидова расстояния

3 – Метод дискриминантных функций с учетом расстояний Махаланобиса

Выводы

1. Расчет нижнего (2 %) и верхнего (98 %) процентилей (что соответствует критерию отбора $\pm 2\sigma$) дал возможность оценить крайние точки колебаний изменчивости количественных признаков растений льна масличного сорта *Фокус* относительно средней, показывая потенциал нормы реакции генотипов. Установлена типичность изучаемых признаков сорта на уровне 96,0-98,0 % (выброс крайних нетипичных вариантов в зависимости от признака не превышал 4 %).

2. Эффективность использования общепринятого отбора по сорту *Фокус* находилась на уровне 47,0-53,8 %. Отбор в полной мере обеспечивал сохранение необходимой типичности изучаемого сорта. Партия объединенных семян при этом составляла 102,0-118,7 г.

3. Проведение кластерного анализа методом k-means по комплексу признаков позволил разбить популяцию сорта *Фокус* на три группы со схожей внутригрупповой нормой реакции. Выделены типичные элитные растения в популяции сорта в количестве 162-187 шт. (в зависимости от года исследований) с минимальными отклонениями изучаемых параметров от средней популяционной. Эффективность использования отбора находилась на уровне 40,5-46,8 %. Масса партий семян, отобранных в результате использования метода кластерного анализа, составила от 95,51 г до 121,6 г.

4. Метод дискриминантного анализа позволил определить признаки, играющих важную роль в межгрупповых различиях (длина соцветия, масса соцветия, количество семян с растения, масса семян с растения). Применение метода увеличивало отбор типичных, продуктивных растений льна масличного сорта *Фокус*

как в сравнении с общепринятым методом отбора, так и в сравнении с отбором по методу кластерного анализа. В зависимости от условий года при использовании метода дискриминантных функций масса партий семян сорта *Фокус* превышала массу партий семян, полученных в результате применения общепринятого отбора на 20,9-31,0 % с сохранением типичности и продуктивности отбираемых элитных растений.

Литература

1. Привалов, Ф.И. Достижения и проблемы селекции высокопродуктивных сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Ф.И. Привалов, Э.П. Урбан // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серия аграрных наук. – 2016. – №3. – С. 41-49.
2. Эколого-генетические причины «вырождения» сортов [Электронный ресурс] / Информационный некоммерческий портал «Agro-archive.ru», 2015. – Режим доступа : <http://agro-archive.ru/adaptivnoe-rasteniievodstvo/2406-ekologo-geneticheskie-prichiny-vyrozhdeniya-sortov.html>. – Дата доступа : 02.03.2021.
3. Шмальгаузен, И.И. Пути и закономерности эволюционного процесса [Электронный ресурс] / И.И. Шмальгаузен // Из-во Академии наук союза ССР, 1940. – 227 С. – Режим доступа : <https://refdb.ru/download/2695708.html>. – Дата доступа : 02.03.2021.
4. Результаты действия стабилизирующего отбора [Электронный ресурс] / Информационный ресурс «Cyberpedia.su». – Режим доступа : <https://cyberpedia.su/16x15af4.html>. – Дата доступа : 02.03.2021.
5. Кокорева, Я.В. Поэтапный процесс кластерного анализа данных на основе алгоритма кластеризации k-means / Я.В. Кокорева, А.А. Макаров // Молодой ученый. – 2015. – № 13 (93). – С. 126-128.
6. Сокэл, Р.Р. Кластерный анализ и классификация: предпосылки и основные направления. В кн: Классификация и кластер / Под ред. Дж. Вэн Райзина М: Мир, 1980. – С. 7-19.
7. Буреева, Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA» / Н.Н. Буреева // Учебно-методический материал. – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.
8. Клекка, У.Р. Дискриминантный анализ / У.Р. Клекка // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – С. 78-137.
9. Haghighat, M. Discriminant Correlation Analysis: Real-Time Feature Level Fusion for Multimodal Biometric Recognition / M. Abdel-Mottaleb, W. Alhalabi, M. Haghighat, // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. – 2016. – V. 11, rel. 9. – P. 1984-1996.

PRESERVATION OF THE TYPICAL NATURE OF OILSEED FLAX POPULATION OF THE FOCUS VARIETY APPLYING MULTIVARIATE ANALYSIS

E.V.Ivanova, E.L. Andronik, M.E. Maslinskaya

The article presents the results of the selection of elite oilseed flax plants (on the example of the Focus variety) using the standard method ($\pm 50\% M_0$ with regard to the height and number of pods per plant) as well as using the methods of cluster and discriminant analysis in terms of a set of morphological traits using the selection criterion $\pm 2\sigma$. As a result of discriminant analysis, the traits that play the greatest role in intergroup differences of variety population (inflorescence length, inflorescence weight, weight and number of seeds per plant) are identified. They enable to select plants reflecting variety's typical nature and uniformity in the best way. The effectiveness of discriminant analysis involves increasing the number of selected typical plants of the variety by 20.9%-31.0% in comparison with the standard selection method.

**ОЦЕНКА СРЕДНЕРАННЕСПЕЛЫХ СОРТООБРАЗЦОВ КЛЕВЕРА
ЛУГОВОГО ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫМ ПРИЗНАКАМ
И СВОЙСТВАМ В КОЛЛЕКЦИОННОМ ПИТОМНИКЕ**

Л.И. Ковалевская, кандидат с.-х. наук, **В.И. Бушуева**, доктор с.-х. наук
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
(Поступила 23.10.2021)

Рецензент: Клыга Е.Р., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты фенологических наблюдений за среднераннеспелыми сортами и сортообразцами клевера лугового в зависимости от метеорологических условий года. Проведена сравнительная оценка исходного материала по ряду основных хозяйственно полезных признаков и выделены источники для создания высокопродуктивных сортов в условиях северо-востока Беларуси. К источникам высокой урожайности зеленой массы отнесены СЛ-38-0 (5,1 кг/м²), ТОС-среднеранний (5,8 кг/м²) и ГПТТ – среднеранний (5,8 кг/м²); урожайности сухого вещества Тайфун (1,3 кг/м²), СЛ-38 (1,4 кг/м²) и СЛ-38-0 (1,5 кг/м²); высокой облиственности Марс (47,0 %) и ГПТТ-среднеранний (48,5 %), высокой семенной продуктивности СЛ-38-0 (9,1 г/м²), БГСХА-31 (9,5 г/м²), Метеор (12,2 г/м²), Немаро (13,0 г/м²) и Мартум (16,5 г/м²), превысившие контрольный сорт Марс на 2,4; 2,8; 5,5; 6,7 и 9,7 г/м² соответственно.

Многолетние травы давно и прочно вошли в систему современного кормопроизводства. Несмотря на возможность обеспечения отрасли животноводства различными высококонцентрированными кормами, они являются неотъемлемой частью создания кормовой базы как в Республике Беларусь, так и в мире в целом. Из возделываемых в Республике Беларусь главную роль на пахотных землях играет клевер луговой, он занимает самые большие площади и дает высокие урожаи. Переоценить достоинство этой востребованной культуры довольно сложно.

Посевы клевера лугового являются источником увеличения производства кормов, повышения плодородия почвы, обогащения ее азотом, улучшения физических свойств. При создании оптимальных условий продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистых почвах составляет 500-600 ц/га зеленой массы, что соответствует 100-200 ц/га к. ед. и 12-14 ц/га переваримого протеина. При этом главным достоинством клевера является то, что он достигает такой продуктивности без использования азотных удобрений, а это снижение себестоимости получаемого корма и уменьшение токсической нагрузки на почву [1, 2, 8].

Клеверный корм по своей сбалансированности аминокислотами и обогащенности витаминами среди многолетних трав занимает одно из первых мест.

Получаемый корм обеспечивает животных энергией и сырьем для формирования скелета, мышц и нормального функционирования различных органов животных. Однако, для того чтобы получить корм соответствующего качества, оптимальным сроком уборки клевера лугового является фаза бутонизации. Запоздывание с уборкой приводит к ухудшению качества корма. В нем уменьшается содержание белка и наиболее ценных аминокислот, увеличивается процент клетчатки, снижается переваримость и сбор кормопротеиновых единиц, средние потери протеина за день составляют 0,25 % [2, 7].

Для того, чтобы иметь возможность продолжительное время получать свежий и питательный корм, рекомендуется в хозяйствах применять систему так называемого «зеленого конвейера». Используя такую культуру, как клевер луговой, достичь этого можно выращивая сорта разных сроков созревания. В арсенале селекционеров на настоящий момент имеются сорта пяти групп спелости клевера лугового: раннеспелые, среднераннеспелые, среднеспелые, среднепозднеспелые и позднеспелые [1, 3, 5, 9].

Материалы и методика исследований. В УО БГСХА на кафедре селекции и генетики на протяжении ряда лет ведется работа по созданию высокопродуктивных сортов клевера лугового всех пяти групп спелости [4].

В данной статье представлены результаты селекционной работы с исходным материалом, относящимся к средне раннеспелой группе. Сорта этой группы ярово-озимого типа развития со средним числом междоузлий 5-7 шт. зацветают во второй декаде июня, формируют по 2-3 укоса. Семена можно получить с первого и второго укосов. Продолжительность хозяйственного использования 1-2 года.

Цель исследований – провести оценку среднераннеспелых сортов и сортообразцов клевера лугового в питомнике исходного материала и установить источники хозяйственно полезных признаков и свойств.

Исследования проводились на опытном поле селекционно-генетической лаборатории УО БГСХА в 2017-2019 гг. Объектами исследования служили 13 среднераннеспелых сортов и сортообразцов клевера лугового в коллекционном питомнике, имеющих различное селекционное и эколого-географическое происхождение. Закладка питомника, наблюдения, учеты и оценки проводились в соответствии с методическими указаниями ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса [6]. Посев проводился вручную рядовым способом с шириной междурядий 30 см. Площадь делянки 1 м², расположение рендомизированное, повторность 2-кратная. В одном повторении учитывали урожайность зеленой массы, содержание и урожайность сухого вещества, облиственность. Во втором проводили фенологические наблюдения, определяли длину вегетационного периода, анализ элементов структуры и учет урожайности семян. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом вариационного анализа.

Результаты исследований и их обсуждение. Метеорологические условия в период проведения исследований резко отличались по годам как от средне-многолетних, так и между собой. Это позволило дать наиболее точную и пол-

ную оценку селекционному материалу. Учеты и наблюдения за сортообразцами проводились на второй год жизни травостоя.

Так, в 2017 г. фаза бутонизации зафиксирована 20-26 июня (таблица 1). Фаза цветения изучаемых сортообразцов отмечена 30.06 – 5.07. Следует отметить, что сумма среднесуточных температур снижалась в мае на 36,2 °С и 21,0 °С в июне к среднемноголетней, в июле на 23,6 °С. Вследствие этого фаза цветения наступила на 1-1,5 декады позже общепринятого срока, сам период цветения был растянутым и неравномерным. Фаза созревания отмечена 21-27 августа. Период вегетации при этом составил 144-148 дней.

Таблица 1 – Фенологические наблюдения за среднераннеспелыми сортами и сортообразцами клевера лугового в коллекционном питомнике

Год исследований	Фаза бутонизации		Фаза цветения		Фаза созревания		Вегетационный период, дней	
	min	max	min	max	min	max	min	max
2017	20.06	26.06	30.06	5.07	21.08	27.08	144	148
2018	6.06	9.06	12.06	15.06	15.07	20.07	105	110
2019	1.06	3.06	5.06	9.06	07.08	10.08	128	130

2018 г. характеризовался превышением суммы среднесуточных температур в мае – июле от 11,0 до 100,5 °С по сравнению со среднемноголетними, обильное количество осадков, выпавшее в этот период, способствовало активному приросту зеленой массы, особенно в первом укосе клевера лугового. Продолжительность периода от начала весеннего отрастания до фазы бутонизации в среднераннеспелой группе составила 61-63 дня, что по календарным срокам соответствовало периоду от 6 до 9 июня, фаза цветения у сортообразцов наступила через 6 дней, что типично для клевера лугового. Фаза созревания зафиксирована 15-20 июля. Длина вегетационного периода варьировала по сортообразцам от 105 до 110 дней.

В 2019 г. сумма среднесуточных температур воздуха в мае – июне превысила среднемноголетнюю на 52,3-117,7 °С, что способствовало быстрому формированию бутонов (1-3 июня) и раннему интенсивному цветению соцветий (5-9 июня). В период созревания сортообразцов наблюдалось понижение температуры по сравнению со среднемноголетней на 66,6 °С, в связи с чем фаза созревания наступила 7-10 августа. Длина вегетационного периода варьировала от 120 до 125 дней.

Важнейшим показателем при изучении исходного материала клевера лугового является урожайность зеленой массы. В зависимости от складывающихся метеорологических условий года этот показатель может сильно варьировать. В таблице 2 приведена урожайность по 2-м укосам и суммарная по годам исследований. Так, урожайность зеленой массы в 2017 г. в первом укосе в среднем по группе составила 3,1 кг/м² (75 % от общей урожайности). Наибольшую урожайность имели сортообразцы *ТОС-среднеранний* и *ГПТТ-ранний* (4 кг/м²), во втором укосе средняя урожайность составила 1,1 кг/м².

Лучшими были сортообразцы *Немаро* и *ГПТТ-среднераннеспелый* с урожайностью 1,8 кг/м². В целом общая урожайность за 2 укоса варьировала от 3,0 до 5,8 кг/м² ($V = 14,8 \%$), самой высокой урожайностью характеризовались сортообразцы *СЛ-38-0* (5,1 кг/м²), *ТОС-среднеранний* (5,5 кг/м²), *ГПТТ-среднеранний* (5,8 кг/м²), превышение над контролем которых по этому показателю составило от 0,5 до 1,2 кг/м².

Таблица 2 – Урожайность зеленой массы среднераннеспелых сортов и сортообразцов клевера лугового в коллекционном питомнике

Сорт и сортообразец	Урожайность зеленой массы, кг/м ²									Среднее
	2017 г.			2018 г.			2019 г.			
	1-й укос	2-й укос	Всего	1-й укос	2-й укос	Всего	1-й укос	2-й укос	Всего	
Марс контр.	3,2	1,4	4,6	7,0	2,9	9,9	3,8	4,2	8,0	7,5
Тайфун	2,8	1,2	4,0	8,2	1,1	9,3	7,0	2,4	9,4	7,6
Ника	3,0	1,2	4,2	5,6	2,2	7,8	4,4	3,5	7,9	6,6
Немаро	2,6	1,8	4,4	7,6	3,4	11,0	4,4	4,7	9,1	8,2
ГПТТ-среднеранний	4,0	1,8	5,8	5,8	2,0	7,8	4,6	3,3	7,9	7,2
СГП-ранний	3,0	1,2	4,2	4,2	3,8	8,0	3,0	5,1	8,1	6,8
N17ЛГ	2,2	0,8	3,0	6,2	1,2	7,4	5,0	2,5	7,5	6,0
СЛ-38	3,0	1,2	4,2	6,2	2,9	9,1	5,0	4,2	9,2	7,5
СЛ-38-0	3,7	1,4	5,1	6,6	3,0	9,6	5,4	4,3	9,7	8,1
ТОС-среднеранний	4,0	1,5	5,5	3,2	3,2	6,4	2,0	4,5	6,5	6,1
БГСХА-31	3,3	0,6	3,9	3,6	3,8	7,4	2,4	5,1	7,5	6,3
Маргум	3,5	0,8	4,3	5,8	2,0	7,8	4,6	3,3	7,9	6,7
Метеор	2,1	1,0	3,1	4,8	1,7	6,5	3,6	3,0	6,6	5,4
X_{min}	3,2	0,6	3,0	3,2	1,8	6,4	2,0	2,4	6,5	5,4
X_{max}	2,8	1,8	5,8	8,2	3,8	11,0	7,0	5,1	9,7	8,2
\bar{X}	3,1	1,1	4,4	5,7	2,7	8,5	4,4	4,0	8,1	7,0
S	0,6	0,2	0,6	1,3	0,8	1,2	1,3	0,8	0,7	0,8
$V, \%$	18,1	21,3	14,8	22,9	30,8	14,7	29,0	20,7	9,0	12,1
$S_{\bar{x}}$	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2
$S_{\bar{x}}, \%$	5,0	5,9	4,1	6,4	8,6	4,1	8,0	5,8	2,5	3,4

В 2018 г. урожайность зеленой массы сильно варьировала как в первом, так и во втором укосе ($V = 22,9 \%$ и $V = 30,8 \%$). Минимальная урожайность в первом укосе составила 3,2 кг/м², а максимальная 8,2 кг/м² (*Тайфун*), в свою очередь урожайность во втором укосе находилась в пределах от 1,8 до 3,8 кг/м² (*СГП-ранний* и *БГСХА-31*). По результатам двух укосов урожайность в 2018 г. варьировала от 6,4 до 11,0 кг/м², наиболее высокой урожайностью характеризовался сортообразец *Немаро*, превышение над контролем которого составило 1,1 кг/м².

Урожайность клевера лугового в 2019 г. варьировала в первом укосе от 2,0 до 7,0 кг/м² ($V = 29,7\%$), во втором укосе от 2,4 до 5,7 кг/м² ($V = 20,7\%$). Самым высокоурожайным образцом в первом укосе был *Тайфун*, превышение над контролем которого составило 3,4 кг/м², а во втором укосе – *СПП-ранний* и *БГСХА-31* с урожайностью 5,1 кг/м² превышение над контролем – 0,9 кг/м². По результатам двух укосов наиболее высокой урожайностью зеленой массы обладали сортообразцы *Немаро* (9,1 кг/м²), *СЛ-38* (9,2 кг/м²), *Тайфун* (9,4 кг/м²) и *СЛ-38-0* (9,7 кг/м²) превышение над контролем которых варьировало от 0,1 до 0,7 кг/м².

Средняя урожайность за три года исследований варьировала от 5,4 до 8,2 кг/м², наиболее высокой урожайностью характеризовались сортообразцы *СЛ-38-0* (8,1 кг/м²) и *Немаро* (8,2 кг/м²), превышение над контролем составило соответственно 0,6 и 0,7 кг/м².

Показатель облиственности клевера лугового указывает на питательность его зеленой массы, и, как следствие, и приготовленного из него корма. Поэтому этому показателю уделяется значительное внимание при оценке изучаемых сортообразцов. На рисунке 3 представлены средние данные по этому показателю за 2017-2019 гг. По результатам исследований выделены наиболее облиственные сортообразцы. К ним относятся – *Марс* и *ГПТТ-среднераннеспелый*, процент облиственности которых составил 47,0 % и 48,5 %.

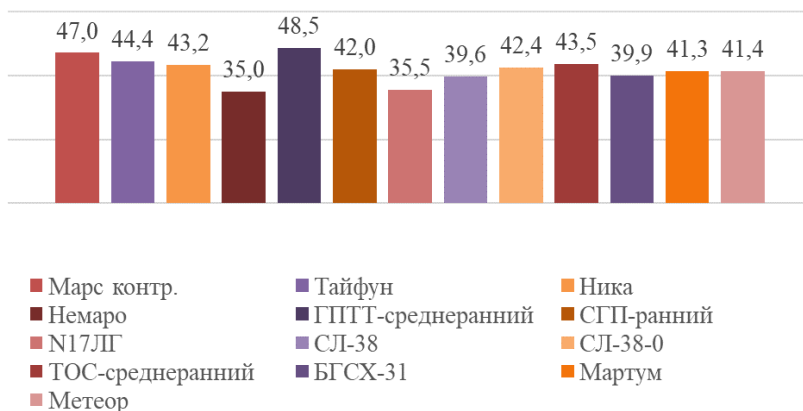


Рисунок 1 – Облиственность (%) сортов и сортообразцов клевера лугового среднераннеспелого срока созревания (среднее за 2017-2019 гг.)

Содержание сухого вещества у сортообразцов варьировало в 2017 г. от 12,0 до 22,4 %, в 2018 г. от 13,1 до 19,4 %, в 2019 г. от 11,8 до 18,1 %, коэффициент варьирования при этом вне зависимости от года исследований был средним ($V = 16,5\%$, $V = 10,7\%$, $V = 11,7\%$) (таблица 3). Урожайность сухого вещества в 2017 г. находилась в пределах от 0,4 до 1,2 кг/м², в 2018 г. – от

1,0 до 1,9 кг/м², в 2019 г. от 0,9 до 1,8 кг/м², коэффициент варьирования во все годы исследований был высоким – $V = 31,1\%$, $V = 20,9\%$ и $V = 22,8\%$.

Таблица 3 – Содержание и урожайность сухого вещества сортов и сортообразцов клевера лугового среднераннеспелого срока созревания

Сортообразец	Содержание и урожайность сухого вещества						Среднее за три года	
	2017 г.		2018 г.		2019 г.		%	кг/м ²
	%	кг/м ²	%	кг/м ²	%	кг/м ²		
Марс контр.	17,3	0,8	16,0	1,6	14,7	1,2	16,0	1,2
Тайфун	16,3	0,7	18,0	1,7	16,7	1,6	17,0	1,3
Ника	16,8	0,7	17,3	1,3	16,0	1,3	16,7	1,1
Немаро	13,4	0,6	13,5	1,5	12,2	1,1	13,0	1,1
ГПТТ-среднеранний	20,0	1,2	16,9	1,3	15,6	1,2	17,5	1,2
СПП-ранний	13,6	0,6	14,5	1,2	13,2	1,1	13,8	0,9
N17ЛП	12,0	0,4	13,1	1,0	11,8	0,9	12,3	0,7
СЛ-38	19,0	0,8	19,0	1,7	17,7	1,6	18,6	1,4
СЛ-38-0	19,8	1,0	19,4	1,9	18,1	1,8	19,1	1,5
ТОС-среднеранний	22,4	1,2	16,7	1,1	15,4	1,0	18,2	1,1
БГСХА-31	16,9	0,7	16,7	1,2	15,4	1,2	16,3	1,0
Мартум	12,0	0,5	15,5	1,2	14,2	1,1	13,9	0,9
Метеор	16,4	0,5	15,7	1,2	15,7	1,0	15,9	0,9
\bar{X}_{min}	12,0	0,4	13,1	1,0	11,8	0,9	12,3	0,7
\bar{X}_{max}	22,4	1,2	19,4	1,9	18,1	1,8	19,1	1,5
\bar{X}	16,6	0,7	16,4	1,4	15,2	1,3	15,8	1,1
S	2,7	0,2	1,8	0,3	1,8	0,3	2,1	0,2
$V, \%$	16,5	31,1	10,7	20,9	11,7	22,8	13,1	20,5

По результатам трехлетних исследований выделены сортообразцы с высоким содержанием и урожайностью сухого вещества: *ТОС-среднеранний* (18,2 %), *СЛ-38* (18,6 %) и *СЛ-38-0* (19,1 %), превышение над контролем у которых составило соответственно от 2,2 до 3,1 %. К сортообразцам с наиболее высокой урожайностью сухого вещества отнесены *Тайфун* (1,3 кг/м²), *СЛ-38* (1,4 кг/м²) и *СЛ-38-0* (1,5 кг/м²), превысившие контрольный сорт на 0,1 кг/м², 0,2 кг/м² и 0,3 кг/м².

Различия между сортообразцами установлены и по урожайности семян клевера лугового. Семенная продуктивность в среднем за три года варьировала от 6,2 г/м² до 16,5 г/м² (рисунок 2). Наиболее высокой урожайностью характеризовались сортообразцы *СЛ-38-0* (9,1 г/м²), *БГСХА-31* (9,5 г/м²), *Метеор* (12,2 г/м²), *Немаро* (13,0 г/м²) и *Мартум* (16,5 г/м²), превысившие контрольный сорт *Марс* на 2,4 г/м², 2,8 г/м², 5,5 г/м², 6,7 г/м² и 9,7 г/м².

Выводы

В результате проведенной оценки сортообразцов клевера лугового в питомнике исходного материала были выделены источники ряда хозяйственно полезных признаков. Лучшими по урожайности зеленой массы оказались

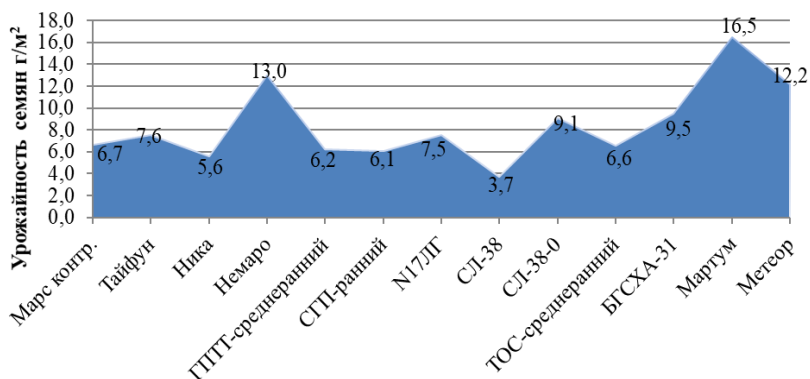


Рисунок 2 – Семенная продуктивность (г/м²) среднераннеспелых сортов и сортообразцов клевера лугового (среднее за 2017-2019 гг.)

тообразцы *СЛ-38-0* (5,1 кг/м²), *ТОС-среднеранний* (5,5 кг/м²), *ГПТТ-среднеранний* (5,8 кг/м²).

Наибольшим процентом облиственности характеризовались сортообразцы *Марс* (47,0 %) и *ГПТТ-среднераннеспелый* (48,5 %).

Наибольший процент сухого вещества имели сортообразцы *ТОС-среднеранний* (18,2 %), *СЛ-38* (18,6 %) и *СЛ-38-0* (19,1 %), а наибольшей урожайность сухого вещества характеризовались *Тайфун* (1,3 кг/м²), *СЛ-38* (1,4 кг/м²) и *СЛ-38-0* (1,5 кг/м²).

Высокую урожайность семян имели сортообразцы *СЛ-38-0* (9,1 г/м²), *БГСХА-31* (9,5 г/м²), *Метеор* (12,2 г/м²), *Немаро* (13,0 г/м²) и *Мартум* (16,5 г/м²).

Выделенные сортообразцы являются источниками ценных хозяйственно полезных признаков для дальнейшей селекционной работы по созданию новых высокопродуктивных сортов клевера лугового.

Литература

1. *Бекузарова, С.А.* Селекция клевера лугового: монография / С.А. Бекузарова / Горский гос. агроуниверситет. – Владикавказ: ФГОУ ВПО, 2006. – 175 с.
2. *Бушуева, В.И.* Окультивирование, распространение и значение клевера лугового / В.И. Бушуева // Земляробства і ахова раслін. – 2006. – № 6 (49). – С. 33-36.
3. *Бушуева, В.И.* Результаты селекции клевера лугового различных групп спелости / В.И. Бушуева, Л.И. Ковалевская // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – № 4. – С. 90-99.
4. *Ковалевская, Л.И.* Создание нового исходного материала для селекции клевера лугового различных групп спелости: дис. ... канд. с.-х. наук / Л.И. Ковалевская; БГСХА. – Горки, 2019. – 122 с.
5. *Ковалевская, Л.И.* Оценка исходного материал клевера лугового по хозяйственно полезным признакам в коллекционном питомнике / Л.И. Ковалевская, В.И. Бушуева // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 4. – С. 70-76.
6. Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера / Рос. акад. с.-х. наук, ВНИИК им. В. Р. Вильямса; ред. колл.: З. Ш. Шамсутдинов [и др.]. – М., 2002. – 70 с.

7. Новоселов, М.Ю. Результаты и перспективы экологической селекции клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) / М.Ю. Новоселов [и др.] // Кормопроизводство. – 2007. – № 9. – С. 16-18.

8. Шелюто, А.А. Кормопроизводство с основами ботаники: учебник / А.А. Шелюто [и др.]; под ред. А.А. Шелюто. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 560 с.

9. Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового: результаты 25-летних исследований творческого объединения ТОС «Клевер» / ВНИИК им. В. Р. Вильямса; под ред. А. С. Новоселовой [и др.]. – М.: ООО «Эльф ИПР», 2012. – 288 с.

EVALUATION OF MIDDLE-EARLY RIPENING VARIETY SAMPLES OF MEADOW CLOVER IN TERMS OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS AND PROPERTIES IN A COLLECTION NURSERY

L.I. Kovalevskaya, V.I. Bushuyeva

The paper presents the results of phenological observation on middle-early ripening varieties and variety samples of meadow clover in relation to meteorological conditions.

Comparative evaluation of the initial material is conducted in terms of a number of economically important traits and the sources for developing high yield varieties are identified under the conditions of the north-east of Belarus. The sources of a high yield of green mass are: SL-38-0 (5.1 kg/m²), TOS-middle-early ripening (5.8 kg/m²) and GPTT-middle-early ripening (5.8 kg/m²); of dry matter yield: Typhoon (1.3 kg/m²), SL-38 (1.4 kg/m²) and SL-38-0 (1.5 kg/m²); of high foliage: Mars (47 %) and GPTT-middle-early ripening (48.5 %); of a high seed yield SL-38-0 (9.1 g/m²) and SL-38-0 (1.5 g/m²).

УДК 633.366:631[524.84+527]:581.19

ОЦЕНКА СОРТООБРАЗЦОВ ДОННИКА ПО ВЫСОКОЙ ПРОТЕИНОВОЙ ПИТАТЕЛЬНОСТИ И НИЗКОМУ СОДЕРЖАНИЮ КУМАРИНА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРМА

А.А. Боровик, Е.И. Чекель, И.А. Черепок, кандидаты с.-х. наук, **Р.Д. Кишко, В.В. Крицкая, Л.В. Володькина**, научные сотрудники

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 09.04.2021)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты оценки 28 образцов четырех видов донника различного географического происхождения на содержание в сухом веществе сырого протеина и кумарина. По комплексу хозяйственно ценных признаков (высокое содержание протеина, низкое содержание кумарина, урожайность сухого вещества и сбор сырого протеина) выделено три образца донника белого: Мецкерский, Скороспелый и Омский-3, один образец донника желтого Малокумаринный k-36675 и образец донника волжского Дикорастущий k-11455. Использование выделенных источников в селекции позволит создать высокопродуктивные сорта с высокими кормовыми достоинствами по отношению к сортам донника, допущенным к использованию на территории Республики Беларусь.

На земном шаре существует 16 видов донника. Из них на территории бывшего СССР в дикорастущем состоянии встречаются 12 видов. Все виды с учетом их морфобиологических признаков объединены в 3 подрода: азиатский, каспийский, средиземноморский. Наибольшую ценность для сельского хозяйства представляет подрод азиатский, куда отнесены следующие виды донника: белый, желтый, зубчатый и душистый. Перспективен также для введения в культуру подрод каспийский, который включает такие двулетние виды донника, как волжский, волосистый и высокорослый [1].

Наличие в доннике кумарина считается одним из отрицательных признаков, сильно понижающих кормовую ценность этого растения. Изучение большого исходного материала донника, проведенное учеными в 20 веке, показало, что содержание кумарина среди видов и форм колеблется от 1,410 до 0,033 %. Большой полиморфизм признака «содержание кумарина» наблюдается даже внутри популяций. Так, например, у белого донника различного географического происхождения содержание кумарина колебалось в пределах от 1,40 до 0,14 %, у желтого от 1,110 до 0,226 %, у волжского 0,71 до 0,35 %, у зубчатого от 0,386 до 0,033 %. Ряд исследователей считают, что безопасное содержание в корме суммы кумаринов ниже 1,2-1,5 %, свободного или чистого 0,4-0,7 % [2, 3, 4]. Однако низкое содержание кумарина не всегда сочетается с высокой продуктивностью растений и питательностью зеленого корма. Образцы донника зубчатого, содержащие низкое количество кумарина, характеризуются невысокой продуктивностью и протеиновой питательностью, медленным отрастанием травостоя. Количество кумарина в образце также варьирует в зависимости от климатического фактора, типа почвы и ее влажности [2]. Поэтому выявление исходного материала донника с низким содержанием кумарина легло в основу наших исследований.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2019-2020 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (рН (в KCl) – 6,1, содержание гумуса – 2,16 %, P_2O_5 – 240 мг/кг, K_2O – 220 мг/кг почвы). Предшественник – райграс однолетний. Опыты закладывались в четырехкратной повторности. Площадь делянки 3 м². Расположение делянок рендомизированное.

Посев образцов четырех видов донника проведен 17 мая 2019 г. Начало всходов отмечено 24 мая 2019 г. На 27 мая 2019 г. у высеванных образцов отмечена фаза семядольных листьев. Повреждений всходов клубеньковыми долгоносиками не отмечено. Недостаток влаги в июне не оказал негативного влияния на рост растений, однако ее дефицит ускорил прохождение фаз их развития. На дату учета урожайности зеленой массы и сухого вещества 26 августа (88 день от фазы начала всходов), все образцы достигли фазы начала цветения, за исключением образца донника зубчатого *Дикорастущий k-48892*. Ранняя и холодная весна 2020 г. замедлила начало отрастания многолетних трав на территории Беларуси. Характер отрастания травостоя многолетних бобовых трав в условиях пониженных температур был растянутым.

Фаза начала весеннего отрастания донника в центральной части республики отмечена 30 марта, фаза полного отрастания – 6 апреля.

Результаты исследований и их обсуждение. В исследованиях оценивали 12 образцов донника белого, 13 образцов донника желтого и по одному образцу донников зубчатого и волжского. Образцы четырех видов донника различного географического происхождения: белорусского, европейского, сибирского, каспийского и североамериканского экотипов.

Высокой интенсивностью формирования побегов третьего и последующих порядков в первый год жизни характеризовались образцы донника белого *Люцерновидный-9654* (Россия), *Люцерновидный* (Венгрия) и *Шедевр-75*. Высота растений донника первого года жизни к моменту уборки колебалась от 100-103 см у образцов донника желтого *Мядовы*, *Сибирский*, *Новосибирский*, *Судогодский* до 136-138 см у образцов донника желтого *Малокумаринный k-38925* и донника волжского *Дикорастущий k-11455*.

Урожайность зеленой массы и сухого вещества оценивалась при уборке образцов на высоте 20 см. Доля урожая зеленой массы определялась по ярусам: 20-40 см, 40-60 см и выше 60 см. Высокой урожайностью зеленой массы с единицы площади характеризовались образцы первого года жизни донника желтого *Луганский* - 16 и донника волжского *Дикорастущий k-11455* – 5060-5457 г/м². При этом доля урожая травостоя первого года жизни формировалась в верхнем ярусе – 60,47-65,99 %. Более 60 % урожая зеленой массы в верхнем ярусе формировали образцы донника белого *Меццерский*, *Люцерновидный* и донника желтого *Малокумаринный k-38925*.

Менее 2000 г/м² зеленой массы к фазе начала цветения сформировали образцы донника белого *Эней*, *Дикорастущий Б-98* и донника желтого *Судогодский*, *Сибирский*, *Малокумаринный k-36675*, *Сарбас*. Доля урожая у этих образцов в верхнем ярусе не превышала 55,80 %. Образцы *Сибирский* и *Новосибирский*, относящиеся к сибирскому экотипу донников, основную долю урожая (43,2-44,77 %) формировали в ярусе 40-60 см за счет интенсивного формирования побегов второго и третьего порядков.

Анализ содержания сырого протеина в проявленной массе донника первого года жизни показал высокий процент у образцов белого донника *Эней*, *Меццерский*, *Дикорастущий Б-98* и *Венгерский дикорастущий*, донника желтого *Мядовы*, *Алтайский дикорастущий-11*, *Луганский-16* и *Дикорастущий Б-5119* – 19,1-20,5 %.

Высоким содержанием суммы кумаринов характеризовались образцы первого года жизни донника белого *Эней* и *Скороспелый* – 1,64-1,65 %, донника желтого *Луганский-16* и *Дикорастущий Б-5119* – 1,44-1,52 %. Эти образцы характеризовались и высоким содержанием сырого протеина. Наименьшее количество суммы кумаринов выявлено в образцах донника белого *Дикорастущий Б-4141*, донника желтого *Судогодский* и донника зубчатого *Дикорастущий k-48892* – 0,84-1,06 %. Однако содержание сырого протеина у этих образцов было низким – 13,1-15,9 %. По результатам исследований образцов первого года жизни выделены четыре образца с содержанием

сырого протеина 17 % и выше, не превышающие по содержанию суммы кумаринов 1,2 %. Это донник белый *Полешук*, донник желтый *Сортообразец №7* и *Сибирский*, донник волжский *Дикорастущий k-11455*. Как и содержание сырого протеина по ярусам растений, показатели содержания суммы кумаринов в провяленной массе донника были наименьшими в ярусе 20-40 см, а наибольшими в ярусе выше 60 см.

Содержание суммы кумаринов в провяленной массе донника определялось спектрофотометрическим методом. Однако этот метод имеет существенный недостаток: низкую специфичность по отношению к объекту исследований. Специфичность метода обусловлена тем, что флавоноиды, дубильные вещества и другие фенольные соединения, входящие в состав растительного сырья, в электронных спектрах имеют полосу поглощения при 250-280 нм, характерную, в том числе, и для кумарина. При этом происходит наложение максимумов поглощения всех вышеперечисленных соединений друг на друга, что ведет к завышенным результатам. Об этом свидетельствовало увеличение сигнала, регистрируемого детектором спектрофотометра, в указанной области спектра при добавлении к экстракту донника растворов рутина и гиперозида [5]. Таким образом, применение спектрофотометрических методик определения кумаринов в зеленой массе донника требует предварительного выделения и очистки кумаринов, что существенно удорожает и усложняет рутинный анализ. Поэтому для более точного содержания чистого кумарина целесообразно проводить анализ по площади пика кумарина методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

В наших исследованиях на тех же образцах донника определяемое содержание чистого кумарина в целом растении первого года жизни методом ВЭЖХ составило от 0,21 % у образца донника белого *Скороспелый* до 0,56 % образца донника желтого *Луганский-16*. Варьирование этого показателя у образцов донника белого было в пределах от 0,19 до 0,45 %, у донника желтого от 0,25 до 0,56 %. В ярусе 20-40 см свободного кумарина содержалось меньше (0,06-0,42 %), чем в ярусе выше 60 см (0,25-0,61 %). Выделены два образца, у которых была наименьшая разница между показателями нижнего и верхнего ярусов. Это донник зубчатый *Дикорастущий k-48892* (0,24-0,35 %) и донник желтый *Дикорастущий Б-5119*. Эти образцы характеризовались высокой кустистостью и облиственностью в нижнем ярусе.

На второй год жизни уборка первого укоса образцов жизни донника желтого *Сортообразец №7*, *Алтайский дикорастущий-11*, *Судогодский*, *Викон*, *Малокумаринный k-36675*, *Малокумаринный k-38925*, *Луганский – 13* и *Луганский – 16* проводилась 17 июня, остальных образцов этого вида 22 июня. Все образцы донника белого и донник волжский убирались 29 июня, а донник зубчатый 13 июля. К 17 июня урожайность зеленой массы первого укоса образцов донника составила 1160-1989 г/м². Содержание сухого вещества в зеленой массе колебалось в пределах 13,2-16,2 %. Доля в урожае зеленой массы растений верхнего яруса составила 34,1-55,5 %.

К 22 июня урожайность зеленой массы первого укоса образцов донника составила 1067-1671 г/м². Содержание сухого вещества в зеленой массе колебалось в пределах 14,5-17,0 %. Доля в урожае зеленой массы растений верхнего яруса составила 31,2-37,7 %. По уровню урожайности зеленой массы образцы донника белого сильно различались. Так, наибольшей урожайностью характеризовался образец Полешук 3593 г/м², наименьшей – *Шедевр* - 75 – 977 г/м². Доля верхнего яруса растений у них составила 69,1 и 45,0 %. Содержание сухого вещества в зеленой массе образцов колебалась от 15,6 % (*Венгерский дикорастущий*) до 20,2 % (*Коптевский*).

Позднеспелый вид донника зубчатого сформировал урожайность 1980 г/м² зеленой массы и 434 г/м² сухого вещества. Доля верхнего яруса в урожае составила 56,6 %.

Содержание сырого протеина в сухом веществе изученных образцов второго года жизни первого укоса колебалось от 12,88 % (*Полешук*) до 22,50 % (*Сарбас*) (таблица 1). Из образцов донника белого с содержанием сырого протеина свыше 18 % характеризовались образцы: *Коптевский*, *Эней*, *Омский-3*, *Люцерновидный*, *Люцерновидный-9654*, *Дикорастущий Б-4141*, *Шедевр-75*; донника желтого *Алтайский дикорастущий-11*, *Судогодский*, *Вукон*, *Малокумаринный k-36675*, *Малокумаринный k-38925*, *Луганский – 13*, *Луганский – 16*, *Сарбас*, *Дикорастущий Б-119* и *Дикорастущий Б-5119*. Однако количество проанализированных образцов не позволяет сделать достоверный вывод о наличии и характере связи между этим показателем и содержанием кумарина исследованного селекционного материала донника.

Таблица 1 – Содержание сырого протеина в проявленной массе образцов первого укоса донника, % на абсолютно сухое вещество

Образец	Высота среза, см			
	20 и выше	20-40	40-60	60 и выше
Донник белый (Melilotus albus Desr.)				
Коптевский st.	18,94	9,28	12,25	20,38
Эней	18,38	9,38	13,19	19,25
Мещерский	17,31	5,81	12,25	18,19
Скороспелый	17,88	8,88	14,88	19,19
Омский-3	19,75	7,81	16,94	20,44
Люцерновидный-9654	18,38	10,63	16,31	20,31
Люцерновидный	18,25	9,56	18,63	18,50
Дикорастущий Б-4141	18,13	7,50	17,13	19,56
Дикорастущий Б-98	17,23	11,25	15,31	22,13
Шедевр-75	19,19	13,81	18,94	22,13
Венгерский дикорастущий	17,94	8,19	16,31	20,50
Полешук	12,88	8,63	11,13	16,00
Донник волжский (Melilotus wolgicus Poir.)				
Дикорастущий k-11455	17,81	7,69	16,69	20,06
Донник зубчатый (Melilotus dentatus Pers.)				
Дикорастущий k-48892	17,63	7,85	17,81	18,69

Образец	Высота среза, см			
	20 и выше	20-40	40-60	60 и выше
Донник желтый (<i>Melilotus officinalis</i> L.)				
Мядовы st.	17,06	11,75	18,44	21,38
Сортообразец №7	17,88	15,63	20,69	23,31
Алтайский дикорастущий-11	19,56	15,00	19,13	25,63
Судогодский	19,56	12,44	18,25	25,31
Сибирский	16,00	13,25	18,63	19,00
Новосибирский	17,81	14,19	17,56	18,75
Vukon	21,25	17,19	20,88	25,38
Малокумаринный k-36675	19,75	14,69	18,06	22,63
Малокумаринный k-38925	19,00	11,50	17,95	22,31
Луганский - 13	19,75	9,50	18,63	22,25
Луганский - 16	21,06	11,81	20,00	22,50
Сарбас	22,50	18,69	21,19	23,06
Дикорастущий Б-119	18,19	13,50	18,56	20,00
Дикорастущий Б-5119	21,00	17,94	21,19	22,94

В результате спектрофотометрического анализа определения суммы кумаринов установлено широкое варьирование этого показателя у целого растения первого укоса второго года жизни от 1,23 % у *Сортообразца 7* до 2,96 % у образца *Луганский-13* (таблица 2). Содержание чистого кумарина в целом растении (при определении методом ВЭЖХ) составило от 0,11 % (*Мядовы st.* второй укос) до 1,45 % (*Алтайский дикорастущий 11*). При этом больше всего кумарина содержали образцы донника желтого первого укоса (0,32-1,45 %). Во втором укосе содержание кумарина в тех же образцах значительно снизилось (0,11-0,22 %). Образцы донника белого имели меньшее количество кумарина, чем образцы донника желтого (0,18-0,36 %). Второй укос образцы донников белого, волжского и зубчатого не сформировали. Для большинства сортов и сортообразцов сохранялось правило распределения кумарина по анатомическим частям растений: меньшее его содержание отмечено в нижнем ярусе с последующим увеличением к верхнему.

Выводы

1. С урожайностью свыше 3000 г/м² выделено два образца донника белого – *Скороспелый* и *Полешук* и образец донника волжского *Дикорастущий k-11455*. Высокой отавностью обладают образцы донника желтого второго года жизни, однако урожайность второго укоса колеблется в пределах от 105 до 445 г/м².

2. С наибольшим содержанием сырого белка в сухом веществе (выше 19 %) выделены 2 образца донника белого *Омский-3* и *Шедевр-75*, выше 20 % 4 образца донника желтого *Vukon*, *Луганский-16*, *Сарбас* и *Дикорастущий Б-5119*.

**Таблица 2 – Содержание суммы кумаринов и свободного кумарина
в проявленной массе образцов первого укуса донника,
% на абсолютно сухое вещество**

Образец	Высота среза, см							
	20 и выше	20-40	40-60	60 и выше	20 и выше	20-40	40-60	60 и выше
	Содержание суммы кумаринов, % в абс.с.в.				Содержание свободного кумарина, % в абс.с.в.			
Донник белый (Melilotus albus Desr.)								
Коптевский st.	2,00	1,49	1,44	2,20	0,36	0,18	0,12	0,41
Эней	1,85	1,38	1,61	2,23	0,31	0,16	0,19	0,40
Мещерский	1,84	0,90	1,28	2,32	0,18	0,13	0,15	0,24
Скороспелый	1,43	1,00	1,29	1,94	0,25	0,08	0,34	0,21
Омский-3	2,73	0,87	1,61	2,87	0,20	0,12	0,15	0,24
Люцерновидный-9654	2,01	1,18	2,02	2,40	0,22	0,10	0,22	0,23
Люцерновидный	1,96	1,02	1,91	2,07	0,26	0,10	0,19	0,35
Дикорастущий Б-4141	2,09	0,98	1,67	3,32	0,31	0,07	0,23	0,38
Дикорастущий Б-98	1,59	1,17	1,43	2,20	0,23	0,10	0,12	0,36
Шедевр-75	2,36	0,99	1,78	2,43	0,22	0,14	0,27	0,30
Венгерский дикорастущий	1,97	1,31	1,46	2,22	0,21	0,15	0,21	0,24
Полешук	1,38	1,09	1,70	1,62	0,19	0,08	0,21	0,17
Донник волжский (Melilotus wolgicus Poir.)								
Дикорастущий k-11455	1,96	1,33	1,53	2,40	0,21	0,08	0,12	0,18
Донник зубчатый (Melilotus dentatus Pers.)								
Дикорастущий k-48892	1,93	1,08	2,46	2,47	0,64	0,27	0,72	0,60
Донник желтый (Melilotus officinalis L.)								
Мядовы st.	2,24	1,40	2,21	3,08	0,53	0,20	0,43	0,88
Сортообразец №7	1,23	0,32	0,89	2,02	0,77	0,37	0,47	0,96
Алтайский дикорастущий-11	2,66	0,47	2,28	3,10	1,45	0,51	1,12	1,52
Судогодский	2,26	1,24	2,00	3,01	0,97	0,25	0,72	1,16
Сибирский	1,98	1,56	2,11	3,57	0,47	0,19	0,46	0,61
Новосибирский	2,21	1,93	2,41	3,09	0,52	0,29	0,58	0,41
Vukon	2,00	2,82	1,93	2,71	0,63	0,39	0,56	0,65
Малокумаринный k-36675	2,05	2,03	1,70	2,08	0,48	0,40	0,43	0,55
Малокумаринный k-38925	2,32	1,22	2,08	3,36	0,63	0,32	0,56	1,40
Луганский - 13	2,96	1,28	1,86	3,44	0,52	0,30	0,44	0,63
Луганский - 16	2,47	1,29	2,50	3,95	0,68	0,15	0,44	0,84
Сарбас	1,85	1,55	2,02	2,81	0,32	0,21	0,28	0,33
Дикорастущий Б-119	2,42	1,49	2,06	3,38	0,82	0,74	0,79	1,04
Дикорастущий Б-5119	1,82	1,45	1,96	2,98	0,57	0,60	0,56	0,44

3. Донник белый меньше накапливает кумарина (0,18-0,36 %), чем донник желтый. Среди образцов донника желтого с содержанием свободного кумарина не выше 0,5 % выделено три образца – *Сибирский*, *Малокумаринный k-36675* и *Сарбас*.

4. По комплексу хозяйственно-ценных признаков (низкое содержание кумарина, высокое содержание протеина, урожайность сухого вещества и сбор

сырого протеина) выделено три образца донника белого: *Мещерский*, *Скоропелый* и *Омский-3*; образец донника желтого *Малокумаринный k-36675* и образец донника волжского *Дикорастущий k-11455*.

Литература

1. Суворов, В.В. Донник – *Melilotus (Tourn.) Adans. Em.* / В.В. Суворов / Многолетние бобовые травы / редкол.: Е.Н. Синская (гл. ред.) [и др.]. – М., Л., 1950. – Т. XIII, вып. I – С. 345-502.
2. Суворов, В.В. Донник / В.В. Суворов. – Л.-М.: Сельхозиздат, 1962. – 184 с.
3. Дайнеко, Е.В. Создание исходного материала донника с низким содержанием кумарина / Е.В. Дайнеко, В.К. Шумный, А.В. Железнов // Сб. науч. тр. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 1986. – С. 90-101.
4. Сагалбеков, У.М. Приемы снижения содержания кумарина в доннике / У.М. Сагалбеков, И.И. Жумагулов, М.Е. Байдалин / Матер. республ. науч.-теоретич. конф. Сейфуллинские чтения – 13: сохраняя традиции, создавая будущее, посвящ. 60-летию Казахского агротехнического ун-та имени С. Сейфулина. – Астана, 2017. – Т. I, Ч. 1. – С. 281-283.
5. Федосеева, Л.М. Разработка методики количественного определения суммы кумаринов в доннике лекарственной траве (*Melilotus officinalis* L.) / Л.М. Федосеева, Т.А. Харлампович // Химия растительного сырья. – 2012. – №3. – С. 135-141.

EVALUATION OF MELILOT VARIETY SAMPLES IN RESPECT OF A HIGH PROTEIN NUTRITIONAL VALUE AND A LOW COUMARIN CONTENT FOR PRODUCTIVITY AND FODDER QUALITY BREEDING

A.A. Borovik, E.I. Chekel, I.A. Cherepok, R.D. Kishko, V.V. Kritskaya,
L.V. Volodzkina

The paper presents the results of the evaluation of 28 samples of 4 melilot species of different geographical origin in respect of crude protein and coumarin content in dry matter. With regard to a set of economically important traits (high protein content, low coumarin content, dry matter yield and crude protein yield) three samples of white melilot (*Meshcherski*, *Skorospely* and *Omski-3*), one sample of yellow melilot (*Malokumariny k-36675*) and one sample of volzhski melilot (*Dikorastushchi k-11455*) are identified. The use of the identified sources in breeding will allow developing high yield melilot varieties with high fodder values approved for use on the territory of the Republic of Belarus.

УДК 633[264+265]:631.524.84:632.488

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ФЕСТУЛОЛУМА НА ИСКУССТВЕННОМ ИНФЕКЦИОННОМ ФОНЕ ФУЗАРИОЗНЫХ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ

В.А. Столепченко, канд. с.-х. наук, З.Г. Козловская, О.М. Беляй
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 31.03.2021)

Рецензент: Шашко Ю.К., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Проведена оценка урожайности зеленой массы и семенной продуктивности фестулолуума тростникового и фестулолуума лугового на искусственном фузариозном фоне. В изучение были включены сортообразцы двух видов фестулолуума овсяничного морфотипа с целью выявить реакцию на

воздействие патогенов и отобрать те растения, которые обладают наивысшей устойчивостью к корневым гнилям. В результате использования искусственного фузариозного фона у перспективных сортообразцов фестулолиума выявлена толерантность к возбудителю *Fusarium* по соотношению полученных показателей продуктивности кормовой массы на инфекционном фоне и контроле, близким к единице.

Многолетние злаковые травы поражаются многими грибными болезнями, вредоносность которых зависит от вида злака, условий окружающей среды и других факторов, в том числе и устойчивости растений к возбудителям болезней. Фузариозная корневая гниль вызывается грибами *Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporum* и др., поражает взрослые растения и всходы, проявляется в виде побурения проростков, колеоптиля, первичных и вторичных корней, узла кушения. Заболевание можно распознать по трухлявости корней, побелению стебля и пустоколосости. Также в условиях повышенной влажности может появиться желтоватый или розовый налет спороношения патогенов на пораженных участках.

При внедрении в производство нового вида фестулолиума овсяничного морфотипа необходимо иметь сорта не только с высокой продуктивностью, но и с устойчивостью к основным видам болезней. С помощью селекционной работы проводится отбор сортообразцов с пассивной и активной устойчивостью к патогенным организмам, чтобы свести к минимуму химическую защиту посевов, удешевить производство кормов, сделать продукты безопасными, а среду обитания чистой.

Материалы и методика проведения исследований. В отделе многолетних трав в 2019-2020 гг. проводилось изучение реакции сортообразцов фестулолиума на воздействие популяций патогенов *Fusarium* на искусственном инфекционном фоне.

В работе использованы «Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» для учета распространенности и развития болезни растений по бальной шкале [1]. Оценка элементов продуктивности изучаемых сортообразцов проведена по методическим рекомендациям по селекции и семеноводству многолетних трав Всероссийского института кормов им. Вильямса [2].

Результаты и обсуждение. Искусственный фузариозный фон создавался путем внесения инокулюма, выращенного на растительном материале в лаборатории иммунитета, непосредственно в рядки. Перед посевом проводилась проверка наличия семенной инфекции в сортообразцах фестулолиума. Результаты фитозэкспертизы показали, что при лабораторной всхожести семян 91-93 % зараженности семян фузариозом у перспективных сортообразцов фестулолиума тростникового *Fl_{mp}-11-5* и *Fl_{mp}-18a-5* и фестулолиума лугового не наблюдалось, но выявлена инфицированность видами *Alternaria*.

В контрольном варианте полевая всхожесть семян составила 60 % у сортообразцов фестулолиума лугового и 70 % у фестулолиума тростникового в усло-

виях дефицита почвенной влаги в фазу всходов. Внесение инфекции фузариоза существенно повлияло на всхожесть семян фестулолиума. Гибель всходов на фузариозном фоне была значительной относительно контрольного варианта, и процент сохранившихся растений составил 38 % от числа всхожих семян.

Учет степени поражения всходов фестулолиума показывает, что при искусственном внесении инфекции *Fusarium* часть растений оказалась не поврежденной и оценена 0 баллом в 5-бальной шкале (0-4). Полная гибель растений оценивалась баллом 4. Распространенность болезни у сортообразцов фестулолиума лугового *Fl_{ол}-31*, *Fl_{ол}-32*, *Fl_{ол}-16-4* и *Fl_{ол}-14* составила 60,0-68,3 %, показатель развития болезни – 2,2-2,9 балла (таблица 1) с самым большим числом непораженных растений.

Растения фестулолиума тростникового оказались более устойчивыми к воздействию патогенов *Fusarium spp.* в фазу всходов. Распространенность корневых гнилей составила у перспективных сортообразцов от 45,0 до 58,3 % с показателем развития болезни в 2,1-2,8 балла. Использование инфекционных и обычных фонов позволяет выявить толерантность к возбудителю по соотношению полученных урожаев, близких к единице.

Сохранившиеся растения на искусственном фузариозном фоне оценивались по степени поражения растений корневыми гнилями с вычислением показателей распространенности и развития болезни, а также по продуктивности зеленой массы в первый и второй год жизни и семенной продуктивности в первый год пользования.

Снижение показателя урожайности зеленой массы у образцов на фузариозном фоне составило от 21 до 33 % относительно контроля в первый год жизни растений. Оценка фестулолиума по урожайности зеленой массы и семенной продуктивности во второй год жизни позволила выявить сортообразцы с толерантностью на фузариозном фоне, на котором угнетение растений проявлялось в течение всего вегетационного периода. Показатели продуктивности зеленой массы за вегетацию составили на фузариозном фоне у перспективных сортообразцов фестулолиума лугового *Fl_{ол}-31*, *Fl_{ол}-21*, *Fl_{ол}-16-1*, *Fl_{ол}-персп.1* соответственно 1,12; 1,09; 1,18; 0,99 кг/растение, фестулолиума тростникового *Fl_{мп}-3М р.2*, *Fl_{мп}-18а-1* 1,13-1,35 кг/растение. Соотношение показателя продуктивности зеленой массы перспективных сортообразцов фестулолиума на инфекционном фоне к контрольному варианту было в среднем 0,7-0,8 (таблица 2).

По показателю семенной продуктивности снижение на фузариозном фоне наблюдалось на уровне от 26 до 70 % в сравнении с незараженным контролем. Наименьшее снижение семенной продуктивности отмечено у сортообразцов *Fl_{мп} 8-5*, *Fl_{ол}-персп. 1*.

Таблица 1 – Учет поражения корневыми гнилями фестолюлума в фазу всходов на фузариозном инфекционном фоне в 2019 г.

Сортообразец	Всего учтено растений (N)	Из них поражено в баллах				Распространенность болезни (P), % $P = 100 \frac{X}{n} \cdot N$	Сумма произведений числа больных растений на соответствующий им балл поражения $\sum aXb$	Развитие болезни (R) $R = \sum aXb / N$, балл
		0	1	4	итого (n)			
Овсяница луговая	60	11	9	40	49	81,7	169	2,8
Зорка								
Fl _{ог} -31	60	24	4	40	36	60,0	164	2,7
Fl _{ог} -14	60	19	5	31	41	68,3	129	2,2
Fl _{ог} -28	60	13	1	40	47	78,3	161	2,7
Fl _{ог} -32	60	21	5	42	39	65,0	173	2,9
Fl _{ог} -33	60	10	8	31	50	83,3	132	2,2
Fl _{ог} -21	60	14	0	50	46	76,7	200	3,3
Fl _{ог} -16-1	60	12	5	41	48	80,0	169	2,8
Fl _{ог} -16-2	60	16	1	47	44	73,3	189	3,2
Fl _{ог} -16-4	60	19	0	44	41	68,3	176	2,9
Fl _{ог} -16-5	60	14	1	40	46	76,7	161	2,7
Fl _{ог} -персп.1	60	13	3	43	47	78,3	175	2,9
Овсяница тростниковая Таямница	60	17	3	44	43	71,7	179	3,0
Fl _{тп} -18a-1	60	18	0	42	42	70,0	168	2,8
Fl _{тп} -31-1	60	20	2	41	40	66,7	166	2,8
Fl _{тп} -32-3	60	22	3	39	38	63,3	159	2,7
Fl _{тп} -17-1	60	25	0	40	35	58,3	160	2,7
Fl _{тп} -32-4	60	18	5	33	42	70,0	137	2,3
Fl _{тп} -3M p2	60	26	4	31	34	56,7	128	2,1
Fl _{тп} -13-1	60	27	1	41	33	55,0	165	2,8
Fl _{тп} -9-1	60	25	2	32	35	58,3	130	2,2
Fl _{тп} -8-5	60	26	3	30	34	56,7	123	2,1
Fl _{тп} -11-5	60	18	0	35	42	70,0	140	2,3
Fl _{тп} -18a-5	60	23	1	33	37	61,7	133	2,2
Fl _{тп} -34-1	60	33	1	41	27	45,0	165	2,8

Таблица 2 – Продуктивность сортообразцов фестулолиума на инфекционном фузариозном фоне во второй год жизни

Сортообразец	Урожайность зеленой массы за вегетацию, кг/раст.		Масса 1000 семян, г		Вес семян, г/растение	
	инфекционный фон	контроль*	инфекционный фон	контроль	инфекционный фон	контроль
Овсяница луговая Зорка	0,72	0,99	2,08	2,51	27	44
Fl _{ол} -31	1,12	1,49	2,82	2,91	58	89
Fl _{ол} -21	1,09	1,41	2,93	2,94	45	74
Fl _{ол} -16-1	1,18	1,60	1,69	2,22	46	72
Fl _{ол} -персп. 1	0,99	1,28	2,88	2,86	53	77
Овсяница тростниковая Тямница	0,95	1,34	2,68	2,75	27	68
Fl _{тр} -18a-1	1,35	1,71	2,22	2,31	52	81
Fl _{тр} -3М p.2	1,13	1,69	2,63	2,59	25	84
Fl _{тр} -8-5	1,35	1,73	1,95	1,99	61	83

* – незараженный контроль

В результате проведенных исследований наработан инфекционный материал и создан инфекционный фон по комплексу патогенов *Fusarium spp.*, на котором изучены селекционные образцы фестулолиума. Изучена реакция к *Fusarium* в фазе проростков и взрослых растений перспективных сортообразцов фестулолиума овсяничного морфотипа к корневым гнилям. Выявлены толерантные сортообразцы фестулолиума к возбудителю *Fusarium* по соотношению полученных показателей продуктивности кормовой массы на инфекционном фоне и необработанном контроле, близким к единице. Проведен отбор растений из сортообразцов фестулолиума, обеспечивающих высокую кормовую и семенную продуктивность с поражением в 0-1 балла возбудителями фузариоза корневых гнилей. По совокупности показателей хозяйственно-ценных признаков и устойчивости к корневым гнилям выделены сортообразцы фестулолиума морфотипа овсяницы луговой Fl_{ол}-31, Fl_{ол}-21, Fl_{ол}-16-1, Fl_{ол}-персп. 1, сортообразцы фестулолиума овсяницы тростниковой – Fl_{тр}-18a-1, Fl_{тр}-3М p.2, Fl_{тр}-8-5.

Использование оценки образцов фестулолиума на фузариозном фоне существенно повышает конкурентную способность формируемых популяций фестулолиума овсяничного морфотипа. Сортообразцы фестулолиума включены в селекционный процесс создания сортов фестулолиума овсяничного морфотипа с высокой семенной и кормовой продуктивностью и повышенной устойчивостью к корневым гнилям.

Литература

1. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Ин-т защиты растений; под ред. С.Ф. Буга. – Минск, 2007. – 508 с.

2. Методические указания по селекции многолетних трав. – М.: ВНИИ кормов им. В.П. Вильямса, 1988. – 188 с.

***STUDY OF FESTULOLIUM PRODUCTIVITY ON THE ARTIFICIAL
INFECTIOUS BACKGROUND OF FUSARIUM ROOT ROT***

V.A. Stolepchenko, Z.G. Kozlovskaya, O.M. Belyai

The evaluation of green mass yield and seed productivity of Festulolium pratensis and Festulolium arundinacea was carried out on the artificial fusarium background. The variety samples of two festulolium species of fescue morphotype were involved in studying in order to identify the reaction to pathogene influence and select the plants with the highest resistance to root rots. As a result of the use of the artificial fusarium background it was identified that promising variety samples of festulolium were tolerant to Fusarium in respect of the ratio of the obtained indicators of feed mass yield, which were close to figure one on the infectious background and control.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абраскова С.В. 158
Авакян А.Э. 244
Авхимович О.Н. 378, 400, 407
Андроник Е.Л. 463, 476
Анисимова Н.В. 325
Ардашникова А.Э. 77
Артюх Д.Ю. 251, 235
Бакановская А.В. 394
Балашенко Д.В. 143
Балаян Р.С. 244
Барчевская Е.Ф. 371
Белановская М.А., 18, 63
Белявский В.М., 136
Беляй О.М. 500
Берестов И.И., 104
Блохина И.Н. 448
Бобко Н.Н., 371, 386
Богданов А.З., 98
Боровик А.А. 151, 158, 164, 171, 493
Бруй И.Г., 111, 116
Бугрова А.Н. 350
Будько А.С., 281, 288
Булавин Л.А. 18, 58, 63, 125
Булавина Т.М. 51, 69, 88
Буштевич В.Н. 40, 258, 268
Бушуева В.И. 486
Бык Е.С. 407
Власов А.Г. 51, 69, 88
Войтова В.Н. 281, 288, 334, 350
Володькин Д.Н. 171, 216
Володькина Л.В. 164, 171, 493
Гвоздов А.П. 18, 58, 63, 125
Гвоздова Л.И. 18, 63
Говор Е.М. 415, 429, 434
Гончарова В.А. 275
Гордей С.И. 77, 229, 281
Горовая М.М. 235
Гриб С.И. 268
Грибанов Л.Н. 4, 178
Гринь В.В. 325
Дашкевич М.А. 268
Долгова Е.Л. 111, 116, 308
Дробудько И.Е. 40
Дунькович Е.В. 111
Евсеев М.В. 10, 26, 325
Ермоленко Н.Л., 302, 371
Иванова Е.В. 463, 476
Кадырова М.В., 302
Карпович Е.В. 334
Кильчевский А.В. 325
Кишко Р.Д. 493
Клыга Е.Р. 191
Ковалевская Л.И., 486
Козловская З.Г., 500
Козловский А.А. 26, 325, 334, 339, 350
Колос Ж.С. 363
Копылович В.Л. 442
Коротков М.М. 363
Короткова О.В. 363
Кот В.В. 77
Кошевой П.О. 201, 316
Кравцов В.И. 415, 420, 429
Кранцевич В.Д. 18, 63
Крестова Н.В. 222
Крицкая В.В. 493
Крицкий М.Н. 10, 26, 325
Куделко В.Н. 201, 316
Куликович Е.Н. 302, 308, 371, 378
Купцов Н.С. 334, 350
Куркина Г.Н. 216
Куцев Д.Н. 125
Куцева В.Н. 4
Лемеш В.А. 407
Литарная М.А. 457
Лужинская Н.А., 316
Лужинский Д.В. 98
Лузанов М.А. 209
Лукашевич Т.Н., 136
Лученок А.Н., 77
Лысенкова С.А. 4
Любимов С.В. 34
Маслинская М.Е. 463, 476, 469
Мелешкевич М.А., 185
Мельников Р.В. 104
Мельникова Т.В. 295
Мельничук К.Г., 235
Мозгова Г.В. 407
Мочалов Д.А. 185
Мыслыва Т.Н., 209
Надточаев Н.Ф., 185
Павловская А.Н., 394
Пайлеваниян А.М. 244
Пешко Ю.И. 10
Пикун О.А., 394
Пилипенко Ж.С., 275
Пиллюк Я.Э. 136, 371, 378, 386, 394, 400, 407
Подорский М.В. 201
Позняк Е.И. 258, 268

Полякова Е.Л. 275
Прудников В.А. 34
Пынтиков С.А. 18, 63, 125
Рашкевич А.Л. 209
Ровдо Т.В. 235, 251
Романович А.Н. 185
Рыжкова А.В. 143
Сапего Н.А. 45
Саргсян Г.Г. 244
Сафронова Г.В. 136
Сацюк И.В. 77
Сикорский А.В. 363
Силивончик М.Н. 209
Симченков Д.Г. 58, 63
Синица И.Н. 308, 371, 378
Скируха А.Ч. 4, 178
Степанова Н.В. 34
Столепченко В.А. 500
Сысолятин Е.Н. 325
Тадевосян Л.М. 244
Тарануха А.С. 235
Трушко В.Ю. 77
Тупик С.И. 178
Туровец О.А. 434
Углик Т.В. 275
Урбан Э.П., 229
Усенья А.А. 178
Халецкий С.П. 51, 69, 88
Хамутовская Е.М. 143
Хамутовский П.Р. 143
Холодинская Н.Л. 216
Холодинский В.В., 111
Храмченко С.Ю., 378, 400, 407
Чекель Е.И. 134, 151, 171, 493
Черепок И.А. 151, 158, 164, 493
Чирик Д.П. 34
Чуйко С.Р. 34
Шанбанович А.Ю. 77
Шашко Ю.К. 201
Шевашнева С.Н. 308
Шелюто Б.В. 209
Шестак Н.М. 442
Шиманский Л.П. 415, 420, 429, 434
Шишлова Н.П. 258
Шор В.Ч., 10, 26, 325

СОДЕРЖАНИЕ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

<i>Грибанов Л.Н., Скируха А.Ч., Куцева В.Н., Лысенкова С.А.</i> Сравнительная продуктивность полевых севооборотов в различной степени насыщения зерновыми и кормовыми культурами	4
<i>Шор В.Ч., Евсеенко М.В., Крицкий М.Н., Пешко Ю.И.</i> Влияние гербицида Корсар Супер на засоренность посевов и урожайность гороха	10
<i>Гвоздов А.П., Булавин Л.А., Пынтиков С.А., Кранцевич В.Д., Белановская М.А., Гвоздова Л.И.</i> Влияние гербицидов и сроков их внесения на засоренность посевов и урожайность озимой пшеницы	18
<i>Евсеенко М.В., Шор В.Ч., Крицкий М.Н., Козловский А.А.</i> Эффективность применения гербицида Корум, ВРК в посевах кормовых бобов	26
<i>Прудников В.А., Степанова Н.В., Чирик Д.П., Чуйко С.Р., Любимов С.В.</i> Эффективность применения калийного удобрения при возделывании льна-долгунца на супесчаной почве	34
<i>Бушневич В.Н., Дробудько И.Е.</i> Влияние некорневой азотной подкормки яровой мягкой пшеницы на натуру и белковость зерна	40
<i>Сапего Н.А.</i> Эффективность применения новых форм жидких комплексных удобрений для повышения урожайности семян льна масличного	45
<i>Власов А.Г., Халецкий С.П., Булавина Т.М.</i> Эффективность применения микроудобрений на посевах овса при разном уровне азотного питания	51
<i>Булавин Л.А., Гвоздов А.П., Симченков Д.Г.</i> Влияние способов и сроков обработки почвы на урожайность зерна кукурузы	58
<i>Булавин Л.А., Гвоздов А.П., Симченков Д.Г., Гвоздова Л.И., Кранцевич В.Д., Белановская М.А., Пынтиков С.А.</i> Влияние обработки почвы, боронования и применения гербицида на засоренность посевов и урожайность озимой ржи	63
<i>Власов А.Г., Халецкий С.П., Булавина Т.М.</i> Влияние способов основной обработки почвы и уровня азотного питания на урожайность овса	69
<i>Кот В.В., Сацюк И.В., Гордей С.И., Шанбанович А.Ю., Лученок А.Н., Ардашишникова А.Э., Трушко В.Ю.</i> Урожайность озимой пшеницы в зависимости от срока сева	77
<i>Власов А.Г., Халецкий С.П., Булавина Т.М.</i> Формирование продуктивности посевов овса под влиянием различных сроков сева и норм высева семян	88
<i>Богданов А.З., Лузинский Д.В.</i> Формирование урожая кукурузы при различных густоте стояния гибридов и сроках сева	98
<i>Берестов И.И., Мельников Р.В.</i> Корреляционная связь между урожайностью сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы и	104

высотой растений

- Бруй И.Г., Долгова Е.Л., Холодинский В.В., Дунькович Е.В.* К вопросу совершенствования методики определения гормонов роста в растениях 111
- Бруй И.Г., Долгова Е.Л.* Содержание 3-индолилуксусной и гибберелловой кислот в растениях ярового ячменя в течение вегетации 116
- Пынтиков С.А., Куцев Д.Н., Гвоздов А.П., Булавин Л.А.* Влияние различных факторов на содержание протеина в зерне и его сбор при возделывании озимой пшеницы 125
- Пиллюк Я.Э., Белявский В.М., Лукашевич Т.Н., Сафронова Г.В.* Влияние некорневой обработки посевов озимого рапса микробными препаратами на урожайность и качество семян 136
- Хамутовский П.Р., Хамутовская Е.М., Балащенко Д.В., Рыжкова А.В.* Изучение действия химических мутагенов нитрозометилмочевины и нитрозогуанадина на полевую всхожесть, выживаемость и развитие растений льна-долгунца 143
- Черепок И.А., Боровик А.А., Чекель Е.И.* Подбор компонентов для галегии восточной с целью получения высокоурожайных бобовых и бобово-злаковых травосмесей 151
- Черепок И.А., Боровик А.А., Абраскова С.В.* Создание продуктивного травостоя на основе эспарцета песчаного для получения качественного сена 158
- Володькина Л.В., Боровик А.А., Чекель Е.И., Черепок И.А.* Полевая всхожесть, сохранность, урожайность клевера лугового и покровной культуры в зависимости от нормы высева, сроков сева и доз азотных удобрений 164
- Володькина Л.В., Боровик А.А., Чекель Е.И., Володькин Д.Н.* Экономическая эффективность возделывания клевера лугового в зависимости от нормы высева, дозы азотных удобрений и срока уборки покровной культуры 171
- Скируха А.Ч., Усень А.А., Грибанов Л.Н., Турик С.И.* Возделывание клевера лугового как резерв пополнения содержания органического вещества и основных элементов минерального питания в почве 178
- Надточаев Н.Ф., Романович А.Н., Мелешкевич М.А., Мочалов Д.А.* Эффективность беспокровного и подпокровного посева и приемов защиты люцерны посевной от сорняков 185
- Клыга Е.Р.* Сравнительная продуктивность возделывания многолетних трав в чистом виде и в травосмесях 191
- Кошевой П.О., Шапко Ю.К., Подорский М.В., Куделко В.Н.* Изучение распространенности и биологических особенностей наиболее распространенных возбудителей листовых пятнистостей проса посевного в Республике Беларусь 201

<i>Шелюто Б.В., Мыслыва Т.Н., Силивончик М.Н., Рашкевич А.Л., Лузанов М.А.</i> Динамика питательной и кормовой ценности силъфии пронзеннолистной по фазам развития	209
<i>Куркина Г.Н., Володькин Д.Н., Холодинская Н.Л.</i> Экономическая эффективность применения удобрений при повторном возделывании кукурузы	216
<i>Крестова Н.В.</i> Изменение параметров перехода ¹³⁷ Cs в зеленую массу сорговых культур при разных системах удобрений	222

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

<i>Урбан Э.П., Гордей С.И.</i> Выращивание семян гибридов F ₁ озимой ржи	229
<i>Артюх Д.Ю., Мельничук К.Г., Горовая М.М., Ровдо Т.В., Тарануха А.С.</i> Гетерозисная селекция озимой ржи в Беларуси с использованием различных систем ЦМС и самофертильности	235
<i>Авакян А.Э., Саргсян Г.Г., Тадевосян Л.М., Балаян Р.С., Пайлеваниян А.М.</i> Сохранение и использование генетических ресурсов тыквенных культур в Армении	244
<i>Ровдо Т.В., Артюх Д.Ю.</i> Результаты изучения коллекционных образцов озимой ржи по основным хозяйственно-ценным признакам	251
<i>Бушневич В.Н., Шишлова Н.П., Позняк Е.И.</i> Сравнительная характеристика хозяйственной ценности сортов озимого тритикале белорусской и польской селекции	258
<i>Гриб С.И., Бушневич В.Н., Позняк Е.И., Дашкевич М.А.</i> Оценка пригодности селекционных индексов для отбора высокопродуктивных генотипов тритикале озимого в условиях Беларуси	268
<i>Пилипенко Ж.С., Углик Т.В., Полякова Е.Л., Гончарова В.А.</i> Оценка коллекционных образцов ярового тритикале по хозяйственно ценным признакам	275
<i>Будько А.С., Войтова В.Н., Гордей С.И.</i> Особенности формирования корневой системы образцов озимой пшеницы	281
<i>Будько А.С., Войтова В.Н.</i> Оценка селекционных образцов озимой пшеницы на засухоустойчивость	288
<i>Мельникова Т.В.</i> Результаты изучения коллекции сортов и образцов озимой мягкой пшеницы по высоте растений и устойчивости к полеганию	295
<i>Ермоленко Н.Л., Кадырова М.В., Кулинкович Е.Н.</i> Использование методики отбора устойчивых к фузариозу колоса образцов яровой мягкой пшеницы в условиях <i>in vitro</i> на селективных средах	302
<i>Кулинкович Е.Н., Долгова Е.Л., Синица И.Н., Шевашнева С.Н.</i> Изучение генетического полиморфизма у клонированных форм межвидовых гибридов овса методом электрофореза авенинов	308

Куделко В.Н., Лужинская Н.А., Кошевой П.О. Изучение образцов проса посевного различного эколого-географического происхождения	316
Анисимова Н.В., Сысолятин Е.Н., Крицкий М.Н., Шор В.Ч., Евсеенко М.В., Гринь В.В., Козловский А.А., Кильчевский А.В. Изучение исходного материала люпина узколистного (<i>Lupinus Angustifolius</i> L.) по алкалоидности семян	325
Карпович Е.В., Козловский А.А., Войтова В.Н., Купцов Н.С. Новые внутривидовые таксоны люпина желтого (<i>Lupinus luteus</i> L.) и их использование в селекции белоцветковых сортов	334
Козловский А.А. Генетика симподиального ветвления люпина узколистного	339
Козловский А.А., Войтова В.Н., Бугрова А.Н., Купцов Н.С. Головкивидный морфофизиологический тип растения – очередной этап domestikации люпина узколистного	350
Коротков М.М., Сикорский А.В., Короткова О.В., Колос Ж.С. Создание и оценка исходного материала сои для селекции сортов зеленоукосного использования	363
Куликович Е.Н., Пилюк Я.Э., Ермоленко Н.Л., Синица И.Н., Бобко Н.Н., Барчевская Е.Ф. Изучение эмбрионной способности различных генотипов озимого рапса в культуре <i>in vitro</i>	371
Пилюк Я.Э., Куликович Е.Н., Храмченко С.Ю., Синица И.Н., Авхимович О.Н. Создание нового исходного материала озимого рапса с использованием межвидовой гибридизации, мутагенеза и культуры <i>in vitro</i>	378
Бобко Н.Н., Пилюк Я.Э. Проявление эффекта гетерозиса и наследование основных количественных признаков гибридами F ₁ озимого рапса	386
Пилюк Я.Э., Павловская А.Н., Пикун О.А., Бакановская А.В. Анализ наследования высоты растений короткостебельных гибридов F ₁ ярового рапса	394
Пилюк Я.Э., Храмченко С.Ю., Авхимович О.Н. Оценка экологической стабильности и корреляционная связь урожайности и массы 1000 семян сортов озимого рапса	400
Бык Е.С., Пилюк Я.Э., Авхимович О.Н., Храмченко С.Ю., Лемеш В.А., Мозгова Г.В. Скрининг коллекционного материала озимого рапса по комплексу хозяйственно-ценных признаков в условиях центральной части Республики Беларусь	407
Кравцов В.И., Говор Е.М., Шиманский Л.П. Изучение влияния типа ЦМС на селекционно-ценные признаки гибридов кукурузы	415
Кравцов В.И., Шиманский Л.П. Изучение исходного материала по фитотоксической реакции на основные действующие вещества гербицидов, применяемых на кукурузе	420

<i>Кравцов В.И., Говор Е.М., Шиманский Л.П.</i> Изучение исходного материала кукурузы по специфичности взаимодействия генотипа и типа цитоплазматической мужской стерильности	429
<i>Шиманский Л.П., Туровец О.А., Говор Е.М.</i> Генетическая дивергенция самоопыленных линий подсолнечника	434
<i>Копылович В.Л., Шестак Н.М.</i> Оценка исходного материала сорго сахарного по комплексу признаков	442
<i>Блохина И.Н.</i> Характеристика исходного материала льна-долгунца по развитию первичной корневой системы на различных фонах минерального азота	448
<i>Литарная М.А.</i> Анализ образцов коллекции льна-долгунца по урожайности тресты и параметрам адаптивности в условиях северо-восточной части Беларуси	457
<i>Маслинская М.Е., Андроник Е.Л., Иванова Е.В.</i> Результаты изучения коллекции сортообразцов льна масличного в РУП «Институт льна»	463
<i>Маслинская М.Е.</i> Влияние метеорологических условий Беларуси на основные хозяйственно ценные признаки льна масличного	469
<i>Иванова Е.В., Андроник Е.Л., Маслинская М.Е.</i> Сохранение типичности популяции льна масличного сорта Фокус применением многомерного анализа	476
<i>Ковалевская Л.И., Бушуева В.И.</i> Оценка среднераннеспелых сортообразцов клевера лугового по хозяйственно полезным признакам и свойствам в коллекционном питомнике	486
<i>Боровик А.А., Чекель Е.И., Черепок И.А., Кишко Р.Д., Крицкая В.В., Володькина Л.В.</i> Оценка сортообразцов донника по высокой протеиновой питательности и низкому содержанию кумарина для селекции на продуктивность и качество корма	493
<i>Столепченко В.А., Козловская З.Г., Беляй О.М.</i> Изучение продуктивности фестулолиума на искусственном фоне фузариозных корневых гнилей	500
<i>Именной указатель</i>	505

Научное издание

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И СЕЛЕКЦИЯ В БЕЛАРУСИ

Сборник научных трудов

Основан в 1951 году

ВЫПУСК 57

Дизайн обложки *Н. П. Засулевич*
Ответственный за выпуск *Т. М. Булавина*

Подписано в печать 09.06.2021 г. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 29,88. Уч.-изд. л. 31,20.

Тираж 100 экз. Заказ 212.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь».
Свидетельства о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/161 от 27.01.2014, № 2/41 от 29.01.2014.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.