

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 56



Минск
«ИВЦ Минфина»
2020

УДК [631.5/8+633](476)(082)

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, *Шлапунов В.Н.*, доктор с.-х. наук, профессор, академик НАН Беларуси, *Булавина 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», 2020

© Оформление.

УП «ИВЦ Минфина», 2020

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

УДК 633.853.494«321»:631[559:582]

УРОЖАЙНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО РАПСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАСЫЩЕНИЯ ИМ ЗЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА

В.Н. Куцева, мл. науч. сотрудник, А.Ч. Скируха, Л.Н. Грибанов, кандидаты с.-х. наук, Л.А. Булавин, доктор с.-х. наук, А.В. Ленский, канд. экон. наук, Н.П. Махлай, агроном*

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

**РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

(Поступила 25.03.2020)

Рецензент: Пиллюк Я.Э., канд. с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по влиянию удельного веса ярового рапса в севообороте на фитосанитарное состояние посевов, урожайность маслосемян, экономическую эффективность возделывания этой культуры. Установлено, что наибольший эффект получен при удельном весе ярового рапса в севообороте 25 % с периодом возврата культуры на прежнее место 3 года.

Введение. Основной задачей агропромышленного комплекса является продовольственная безопасность населения. Растительные масла вместе с животными жирами являются важными продуктами питания и сырьем для пищевой и химической промышленности. Поэтому получаемые из рапса растительные масла наряду с другими компонентами играют важную роль в улучшении питания человека и сельскохозяйственных животных, что обуславливает необходимость повышения продуктивности и эффективности возделывания этой культуры [5].

Рапс является благоприятным предшественником и способствует повышению продуктивности культур, следующих за ним в севообороте. Несмотря на то, что он требует значительных затрат на удобрения и защиту растений, урожайность маслосемян в большинстве хозяйств республики в настоящее время находится на невысоком уровне. Одной из причин этого является несоблюдение технологии возделывания рапса, в том числе и нарушение научно обоснованного размещения его в севообороте [3, 6].

Методика проведения исследований. Исследования по оптимизации насыщения полевых севооборотов яровым рапсом проводили в 2018–2019 гг. в Смолевичском районе Минской области в длительном стационарном полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,57%, P_2O_5 – 290 мг/кг, K_2O – 261 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 6,06.

Схема опыта предусматривала изучение различного периода возврата ярового рапса в севообороте на прежнее место:

– севооборот 1, 4-польный (озимая рожь на зеленую массу + гороховая смесь на зеленую массу – рапс яровой – озимое тритикале – рапс яровой), возврат на прежнее место через 1 год (50%);

– севооборот 2, 3-польный (озимая рожь на зеленую массу + гороховая смесь – рапс яровой – озимое тритикале), возврат на прежнее место через 2 года (33%);

– севооборот 3, 4-польный (озимое тритикале – рапс яровой – ячмень – люпин), возврат на прежнее место через 3 года (25%).

После уборки предшественника проводили лушение стерни и через две недели отвальную вспашку, под которую вносили фосфорно-калийные удобрения ($P_{60}K_{120}$). Азотные удобрения (N_{100}), применяли весной под предпосевную культивацию. Для посева использовали семена сорта Нёман (1,3 млн/га). Защита растений ярового рапса включала внесение гербицида Бутизан Стар (1,7 л/га) до всходов культуры, обработку посевов фунгицидом Прозаро (0,6 л/га) в фазу конец цветения, а так же применение инсектицида Фаскорд (0,15 л/га) через 25–35 дней после всходов и инсектицида Нурелл Д (0,7 л/га) в фазу начала бутонизации. Общая площадь делянки 72,5 м², (5 x 14,5), учетная 45 м² (3,6 x 12,5), повторность – 3-кратная.

Учет засоренности посевов ярового рапса проводили перед внесением гербицида в фазу 2–3 настоящих листа, а пораженности растений болезнями – в фазу конец цветения этой культуры по общепринятой методике [1, 4]. Уборку ярового рапса осуществляли методом сплошного комбайнирования с последующим взвешиванием маслосемян и пересчетом на стандартную влажность.

Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднепогодных показателей как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков. Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период (май – август) в 2018 г. составил 1,17; в 2019 г. – 1,61 при среднепогодном значении этого показателя 1,63 в регионе, где проводили исследования. Следовательно, вегетационный период в 2018 г. характеризовался недостаточным увлажнением, а в 2019 г. примерно соответствовал среднепогодным значениям.

Результаты и их обсуждение. В период проведения исследований в посевах ярового рапса произрастали такие виды сорных растений как марь белая, пикульник обыкновенный, просо куриное, звездчатка средняя, фиалка полевая, подмаренник цепкий. Установлено, что в среднем за 2018–2019 гг. в севообороте с удельным весом ярового рапса 25 % и возвратом его на прежнее место через 3 года численность сорных растений составила 110 шт./м². При увеличении удельного веса ярового рапса в севообороте до 33 % и 50 % указанный выше показатель был равен соответственно 114 и 133 шт./м². Следовательно, при возврате ярового рапса на прежнее место в севообороте через 2 и 1 год засоренность посевов этой культуры увеличивалась соответственно на 3,6 и 20,9 % по сравнению с возвратом через 3 года (таблица 1).

Увеличение удельного веса ярового рапса в севообороте способствовало не только повышению засоренности его посевов, но и увеличению пораженности растений комплексом болезней. Установлено, что в среднем за 2018–2019

Таблица 1 – Численность сорняков в посевах ярового рапса перед внесением гербицида (среднее за 2018–2019 гг.)

№ сев.	Возврат на прежнее место, лет	Удельный вес рапса в севообороте, %	Численность сорняков, шт./м ²					
			2018	%	2019	%	среднее	%
1	1	50	128	21,9	138	20,5	133	20,9
2	2	33	109	3,8	118	2,6	114	3,6
3	3	25	105	100	115	100	110	100

гг. в севообороте с удельным весом ярового рапса 25 % и возвратом его на прежнее место через 3 года пораженность растений белой гнилью составила 0,7 %, альтернариозом – 2,2 %. При увеличении удельного веса ярового рапса в севообороте до 33 % и 50 % указанный выше показатель по белой гнили был равен соответственно 5,6 и 10,5 %, а по альтернариозу – 8,7 и 15,1 % (таблица 2). Следовательно, при возврате ярового рапса на прежнее место в севообороте через 2 и 1 год пораженность растений этой культуры белой гнилью увеличивалась соответственно на 4,9 и 9,8%, а альтернариозом – на 6,5 и 12,9% по сравнению с возвратом через 3 года.

Таблица 2 – Пораженность растений ярового рапса болезнями в фазу конец цветения (среднее за 2018-2019 гг.)

№ сев.	Возврат на прежнее место, лет	Удельный вес рапса в севообороте, %	Пораженность растений, %	
			белая гниль	альтернариоз
1	1	50	10,5	15,1
2	2	33	5,6	8,7
3	3	25	0,7	2,2

Ухудшение фитосанитарного состояния посевов ярового рапса при увеличении удельного веса в севообороте вызывало снижение его продуктивности. Так, урожайность маслосемян ярового рапса при возврате его на прежнее место в севообороте через 3 года составила в среднем за период исследований 22,1 ц/га. В севооборотах, где удельный вес ярового рапса был равен 33 и 50 % и эта культура возвращалась на прежнее место через 2 и 1 год, указанный выше показатель в среднем за 2 года составил соответственно 18,3 и 14,4 ц/га. Это свидетельствует о том, что увеличение удельного веса ярового рапса в севообороте до 33 и 50 % с периодом возврата 2 и 1 год снижало урожайность маслосемян соответственно на 17,1 и 34,8 % по сравнению с севооборотом, где удельный вес ярового рапса составил 25 %, и он возвращался на прежнее место через 3 года (таблица 3).

Для более объективной оценки полученных результатов исследований нами был проведен их экономический анализ. С этой целью были определены эксплуатационные затраты на выполнение операций по возделыванию ярового рапса современным комплексом отечественных машин. Расчеты проводили по

Таблица 3 – Урожайность маслосемян ярового рапса в зависимости от удельного веса его в севообороте, ц/га

№ сев.	Возврат на прежнее ме- сто, лет	Удельный вес рапса в сево- обороте, %	Урожайность маслосемян					
			2018 г.	%	2019 г.	%	среднее	%
1	1	50	12,1	41,8	16,7	28,6	14,4	34,8
2	2	33	16,3	21,6	20,3	13,2	18,3	17,1
3	3	25	20,8	100	23,4	100	22,1	100
НСР ₀₅			4,3		2,9			

методике определения показателей эффективности новой техники, разработанной в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [2]. При расчете эксплуатационных затрат принимались во внимание амортизационные отчисления на используемую технику, затраты на ее обслуживание и ремонт, заработную плату механизаторов, топливо и энергию. Стоимость семян, минеральных удобрений и пестицидов определялись в ценах по состоянию на 1.04.2019 г.

Расчеты показали, что при используемой технологии возделывания ярового рапса с урожайностью маслосемян 25 ц/га эксплуатационные затраты составляют 618,15 руб./га (таблица 4).

Установлено, что эксплуатационные затраты по изучаемым вариантам опыта изменялись в зависимости от полученной урожайности в пределах 578,5–599,8 руб./га.

Расчет производственных затрат проводили дифференцированно по всем вариантам опыта с учетом полученной урожайности маслосемян и затрат на ее транспортировку, очистку и сушку. В соответствии с расчетами, производственные затраты на возделывание ярового рапса изменялись по вариантам опыта в пределах 1102,26–1123,56 руб./га (таблица 5).

Анализ основных показателей экономической эффективности свидетельствует о том, что наибольший чистый доход при возделывании ярового рапса был получен при удельном весе его в севообороте 25 % и возврате на прежнее место через 3 года. В среднем за период исследований указанный выше показатель составил в этом случае 456,6 руб./га при рентабельности 40,64 % и себестоимости маслосемян 50,84 руб./ц (таблица 6).

При удельном весе ярового рапса в севообороте 33 % и возврате на прежнее место через 2 года чистый доход составил 195,4 руб./га, а рентабельность 17,55 %, что ниже по сравнению с выше указанным вариантом на 261,2 руб./га и 23,1 %. Себестоимость маслосемян при этом возросла до 60,82 руб./ц, то есть на 9,98 руб./га. В варианте, где удельный вес ярового рапса в севообороте составил 50 %, а возврат его на прежнее место 1 год, возделывание этой культуры было убыточным, то есть производственные затраты превышали стоимость выращенной продукции. Себестоимость маслосемян в этом случае была наибольшей и составила 76,54 руб./ц, что в 1,5 раза выше по сравнению с вариан-

Таблица 4 – Расчет эксплуатационных затрат на возделывание ярового рапса

Технологическая операция	Состав агрегата	Затраты, руб./га						
		3	4	5	6	7	Всего, руб./га	
1	2	3	4	5	6	7		
Дискование стерни	Беларус 3022 + Дискапак-6	3,39	17,39	12,51	23,75		57,04	
Погрузка калийных удобрений	Амкодор 332С4	0,21	0,42	0,42	0,42		1,48	
Транспортировка и внесение калийных удобрений	Беларус 1221 + РУ-7000	1,06	3,18	2,54	2,54		9,33	
Погрузка фосфорных удобрений	Амкодор 332С4	0,21	0,21	0,21	0,21		0,85	
Транспортировка и внесение фосфорных удобрений	Беларус 1221 + РУ-7000	1,06	3,18	2,54	2,54		9,33	
Заблевая вспашка	Беларус 3022 + ППО-8-40К	6,15	28,2	24,4	42,4		101,14	
Первая культивация	Беларус 3022 + КППМ-10	2,33	10,39	7,63	15,69		36,05	
Погрузка азотных удобрений	Амкодор 332С4	0,21	0,21	0,21	0,21		0,85	
Транспортировка и внесение азотных удобрений	Беларус 1221 + РУ-7000	1,06	3,18	2,54	2,54		9,33	
Вторая культивация	Беларус 3022 + АКШ-7,2	3,39	13,99	10,60	21,63		49,62	
Погрузка семенного материала и минеральных удобрений	Амкодор 332С4	0,42	0,64	0,64	0,84		2,54	
Транспортировка минеральных удобрений и семян с загрузкой	МАЗ-5551А2	0,21	0,21	0,21	0,64		1,27	
Предпосевная обработка почвы и посев с внесением стартовой дозы удобрений	Беларус 3022 + АПП-6Д	4,24	35,4	27,1	29,89		96,69	
Транспортировка воды и заправка опрыскивателя	Беларус 820 + МЖТ-Ф-6	0,21	0,64	0,21	0,42		1,48	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
Химическая обработка против сорняков	Беларус 820 + Мекосан-2500-24	1,06	1,48	1,06	1,48	5,09
Транспортная обработка воды и заправка опрыскивателя	Беларус 820 + МЖТ-Ф-6	0,21	0,64	0,21	0,42	1,48
Химическая обработка против болезней	Беларус 820 + Мекосан-2500-24	1,06	1,48	1,06	1,48	5,09
Транспортная обработка воды и заправка опрыскивателя	Беларус 820 + МЖТ-Ф-6	0,21	0,64	0,21	0,42	1,48
Химическая обработка инсектицидами	Беларус 820 + Мекосан-2500-24	1,06	1,48	1,06	1,48	5,09
Транспортная обработка воды и заправка опрыскивателя	Беларус 820 + МЖТ-Ф-6	0,21	0,64	0,21	0,42	1,48
Химическая обработка инсектицидами	Беларус 820 + Мекосан-2500-24	1,06	1,48	1,06	1,48	5,09
Прямое комбайнирование с измельчением соломой	КЗС-1218	5,09	69,12	40,5	32,23	146,94
Транспортная обработка маслосемян (25 ц/га)	МАЗ-6501	1,29	1,76	1,76	5,87	10,68
Очистка и сушка семян	СЗШ-40МГ	2,12	27,35	16,54	12,72	58,73
Всего		37,55	223,3	155,5	201,8	618,15

Таблица 5 – Расчет производственных затрат на возделывание ярового рапса, руб./га

№ сев.	Возврат на прежнее место, лет	Удельный вес рапса в севообороте, %	Семена	Минеральные удобрения	Пестициды	Эксплуатационные затраты	Производственные затраты
1	1	50	16,5	295,36	211,90	578,5	1102,26
2	2	33	16,5	295,36	211,90	589,3	1113,06
3	3	25	16,5	295,36	211,90	599,8	1123,56

Таблица 6 – Экономическая эффективность возделывания ярового рапса (среднее за 2018–2019 гг.)

№ сев.	Возврат на прежнее место, лет	Удельный вес рапса в севообороте, %	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость, руб./ц
1	1	50	1029,6	1102,26	-72,66	-6,59	76,54
2	2	33	1308,5	1113,06	195,4	17,55	60,82
3	3	25	1580,2	1123,56	456,6	40,64	50,84

том, где удельный вес ярового рапса в севообороте составил 25 %, а возврат на прежнее место через 3 года.

Выводы

1. Фитосанитарное состояние посевов ярового рапса изменялось в зависимости от удельного веса этой культуры в севообороте и периода возврата на прежнее место. Наименьшая засоренность посевов ярового рапса и минимальная пораженность растений болезнями отмечались при удельном весе этой культуры в севообороте 25 % при периоде возврата на прежнее место через 3 года. В севооборотах с удельным весом ярового рапса 33 и 50% и периодом возврата 2 и 1 год засоренность посевов увеличилась соответственно на 3,6 и 20,9%, пораженность растений белой гнилью на 4,9 и 9,8, альтернариозом – на 6,5 и 12,9%.

2. Урожайность маслосемян ярового рапса изменялась в зависимости от степени насыщения и периода возврата в севообороте. В среднем за период исследований наибольшим этот показатель был при удельном весе ярового рапса в севообороте 25 % и периоде возврата на прежнее место 3 года – 22,1 ц/га. В севооборотах, где удельный вес ярового рапса составлял 33 и 50 %, а период возврата 2 и 1 год, указанный выше показатель составил соответственно 18,3 и 14,4 ц/га, то есть снижался на 17,1 и 34,8 %.

3. Наибольший экономический эффект от возделывания ярового рапса был получен при удельном весе этой культуры в севообороте 25 % и периоде возврата через 3 года. Чистый доход в этом случае составил 456,6 руб./га, рента-

бельность 40,64 %, себестоимость – 50,84 руб./ц. В севообороте с удельным весом ярового рапса 33 % и периодом возврата 2 года чистый доход был ниже на 261,2 руб./га, рентабельность на 23,1 % при увеличении себестоимости на 9,98 руб./га. Возделывание ярового рапса в севообороте с удельным весом этой культуры 50 % и периодом возврата 1 год оказалось убыточным, так как в этом случае производственные затраты превышали стоимость выращенной продукции.

Литература

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: учеб. пособие / Б.А. Доспехов – Москва: Агропромиздат, 1985.
2. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151–2008 (02150). – Введ. 01.02.2009. – Минск: Белорусская машиноиспытательная станция, 2008. – 20 с.
3. Концентрация ярового рапса в севообороте в условиях Беларуси / А.Ч. Скируха, В.Н. Куцева // Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матер. II Міжнародної науково-практичної конференції, 25-26 жовтня 2018 р. – Харків: ХНАУ, 2018. – С. 246-248.
4. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / С.В. Буга – РУП «Институт защиты растений». – 2007. – С. 228–256.
5. Пилок, Я.Э. Рапс в Беларуси – культура стратегическая (состояние и перспективы) / Я.Э. Пилок // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – №3. – С. 58-62.
6. Скакун, А.С. Рапс – культура масличная / А.С. Скакун, И.В. Бурда, Д. Брауэр. – Минск: Ураджай, 1994. – С 3–4.

YIELD AND EFFICIENCY OF SPRING RAPESEED CULTIVATION DEPENDING ON GRAIN CROP ROTATION SATURATION

V.N. Kuntseva, A.Ch. Skirukha, L.N. Gribanov, L.A. Bulavin, A.V. Lensky,
N.P. Makhlai

The paper presents the results of the research on the effect of spring rapeseed ratio in crop rotation on phytosanitary state of crops, oilseed yield, and economic efficiency of rapeseed cultivation. It's established that the most significant effect is achieved with spring rapeseed ratio of 25% in crop rotation and a 3-year old period of this crop's return to the same place.

УДК 631.5:633.521

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРИ УПЛОТНЕНИИ СЕВОБОРОТА РЕДЬКОЙ МАСЛИЧНОЙ НА ЗЕЛЕНое УДОБРЕНИЕ

Н.В. Степанова, кандидат с.-х. наук
РУП «Институт льна»
(Поступила 10.03.2020)

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

Аннотация. При уплотнении зерно-льняного севооборота редькой масличной в северо-восточной части республики на дерново-подзолистой средне-

суглинистой почве в оптимальные сроки посева возможно получение до 20 т/га ее зеленой массы, содержащей азота 1,21 %, фосфора 1,57 %, калия 1,58 %. Об эффективности заправки зеленой массы редьки свидетельствуют полученные в 2016–2018 гг. прибавки льнопродукции в среднем: тресты 11 %, волокна 17 %, в том числе длинного 15 % по отношению к контрольному севообороту. С учетом полученной продукции, дополнительных производственных затрат на уплотнение севооборота, а также снижения затрат за счет экономии 10 кг/га д.в. минерального азота и отказа от внесения глифосата экономический эффект приема составил 99,3 руб./га при рентабельности выращивания льна 77 %.

Введение. Низкое естественное плодородие почв, выделяемых под лен, компенсируется внесением минеральных удобрений, однако для получения рентабельной конкурентоспособной льнопродукции этого не достаточно. Мониторинг посевных площадей льна установил массовое наличие зерно-льняных севооборотов, на полях которых вообще не вносятся органические удобрения, в виду их дефицита или отсутствия в хозяйствах.

Меньше всего органических удобрений вносится в Витебской области. За период 2015–2017 гг. на гектар пахотных земель было внесено 5,3–5,5 т/га [1], в то время как в Брестской области этот показатель за данный период времени варьировал в пределах 14,8–16,0 т/га. Для бездефицитного баланса гумуса ежегодно на почвы пахотных земель необходимо вносить 12,1 т/га органики [2]. Альтернативой применения органических удобрений является возделывание промежуточных стерневых культур на зеленое удобрение, как источника пополнения в почве органического вещества.

Цель исследований заключалась в изучении влияния уплотнения зерно-льняного севооборота редькой масличной, возделываемой на зеленое удобрение, на продуктивность и качество льна-долгунца с целью пополнения в почве органического вещества и возможности снижения доз минерального азота.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводились на опытном поле РУП «Институт льна» Оршанского района, Витебской области в 2016–2018 гг.

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 100 см мореной, с содержанием гумуса 1,80–1,82%, подвижных форм фосфора 190–200 мг/кг, калия 130–185 мг/кг, цинка 3,5–4,2 мг/кг, бора 0,62 мг/кг, меди 2,2–2,8 мг/кг почвы, кислотность почвенного раствора $pH_{(КС)} 5,3–5,6$.

Посев редьки масличной осуществляли после уборки озимой пшеницы сеялкой Амаzone АД-303 с нормой высева 15 кг/га без внесения удобрений. Перед посевом стерню озимой пшеницы обрабатывали дискатором БДМ-4, зеленую массу редьки измельчали МБУ-4 и запахивали на глубину 20 см.

Опыты со льном-долгунцом сорта *Грант* закладывали согласно общепринятой методике проведения полевых опытов с четырехкратной повторностью [3]. Площадь общей делянки 28, учетной – 15 м². Способ посева льна рядовой,

норма высева семян на гектар 22,0 млн штук. Минеральные удобрения под лен вносили в дозах: азота 0-30, фосфора 60, калия 90 кг/га д.в.

Защитные мероприятия посевов от сорной растительности и болезней проводили согласно отраслевому технологическому регламенту возделывания льна-долгунца [4]. Уборку осуществляли тереблением посева (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты. Качество льносырья устанавливали согласно действующим в республике стандартам [5, 6]; пораженность льна болезнями – согласно практическому руководству по фитосанитарному контролю посевов льна-долгунца [7]. Химический состав зеленой массы определяли методом мокрого озольнения с последующим определением макроэлементов [8, 9, 10].

Результаты исследований и их обсуждение. Редька масличная (*Raphanus sativus* var. *oleifera*) – однолетнее растение семейства крестоцветных, скороспелое, холодостойкое, засухоустойчивое, с коротким периодом вегетации и быстрым ростом в ранних фазах развития. Ценится она за интенсивное наращивание зеленой массы в холодную погоду, пригодность для позднего посева в зонах с холодным климатом, устойчивость к перепадам температуры, возможность культивирования на тяжелых глинистых почвах.

Для формирования зеленой массы редьки масличной при посеве по стерне зерновых культур большое значение имеют погодные условия, а, следовательно, и сроки посева. Посев редьки масличной в 2015 г. и 2016 г. осуществляли 28 и 29 июля соответственно. Этого было достаточно, чтобы к моменту запашки она обеспечила средний за два года сбор зеленой массы 201 ц/га, или 28 ц/га воздушно-сухого вещества.

В 2017 г. в связи с поздней уборкой зерновой культуры из-за затяжных дождей посев редьки масличной был осуществлен 17 августа и к моменту запашки на зеленое удобрение (24.10.2017) урожайность зеленой массы составила 126 ц/га или 16 ц/га воздушно-сухого вещества.

Химический анализ растений редьки масличной к моменту запашки установил наличие в сухом веществе зеленой массы азота 1,21 %, фосфора 1,57 %, калия 1,58 %. В пересчете на действующее вещество запашка обеспечила поступление в почву в 2015-2016 гг. азота 34, фосфора 44, калия 45 кг/га д.в. В условиях 2017 г. редька масличная накопила в сухом веществе зеленой массы только 19 азота, 25 кг/га д.в. фосфора и калия.

Закономерности влияния корневых остатков и запахиваемой вегетативной массы редьки масличной на развитие болезней льна-долгунца не установлено. В фазе «елочка» поражение корневой системы льна антракнозом находилось в пределах 3–4 %, в фазе цветения 13–14 %, в фазе ранней желтой спелости 18–21 %. К уборке льна установлено единичное поражение растений фузариозом 1–2 %, а развитие пасмо находилось на уровне контроля – 5 %.

Установлено некоторое увеличение распространения и развития антракноза на ранних этапах онтогенеза льна (фаза «елочка»): с увеличением дозы азота до 20 кг/га д.в. – на 2–3 %, до 30 кг/га д.в. – на 5–6 % вследствие повышенного содержания общего азота в растениях льна соответственно на 0,37–0,46 % и 0,53–0,66 %.

Изучение влияния уплотнения севооборота редькой масличной на зеленое удобрение на урожайность льнопродукции показал, что на фоне минерального питания $N_0P_{60}K_{90}$ в контрольном варианте без посева редьки масличной в среднем за 2016-2018 гг. было получено 6,1 ц/га семян, 43,5 ц/га тресты и 14,3 ц/га волокна, в том числе 10,4 ц/га длинного (таблица 1). Посев промежуточной культуры после озимой пшеницы обеспечил достоверные прибавки урожайности семян льна 1,5, тресты 4,5, волокна 1,7 ц/га, в том числе длинного 1,3 ц/га (фактор Б).

Таблица 1 – Продуктивность льна-долгунца в уплотненном севообороте редькой масличной на зеленое удобрение при разной норме внесения минерального азота (среднее за 2016–2018 гг.)

Урожайность льнопродукции, ц/га	Норма минерального азота, кг/га д.в. (фактор А)				<i>HCP</i> ₀₅ (фактор А)
	N_0	N_{10}	N_{20}	N_{30}	
<i>Посев в севообороте после озимой пшеницы (контроль) (фактор Б)</i>					
Семян	6,1	6,6	7,3	7,7	0,40
Тресты	43,5	48,1	52,9	56,9	3,41
Волокно общее	14,3	15,8	17,5	18,5	0,94
длинное	10,4	11,8	13,3	14,4	0,78
<i>Уплотнение севооборота промежуточной культурой редькой масличной</i>					
Семян	7,6	7,7*	7,9*	7,5***	0,39
Тресты	48,0	55,2	58,6	61,6*	3,13
Волокно общее	16,0	19,3	20,5	20,0*	0,83
длинное	11,7	13,8	15,3	15,0***	0,65

*HCP*₀₅ (фактор Б):

<i>семена</i>	0,45	0,44	0,39	0,38
<i>треста</i>	1,54	3,37	2,74	2,50
<i>волокно общее</i>	0,49	1,13	1,09	0,93
<i>волокно длинное</i>	0,38	0,83	0,83	0,89

* – недостоверно по отношению к предыдущей дозе азота по фактору А (дозы азота)

** – недостоверные различия урожайности по фактору Б (уплотнение севооборота)

Применение дозы минерального азота под лен-долгунец 10–30 кг/га д.в. в контрольном севообороте обеспечило достоверные прибавки семян 0,5–1,6, тресты 4,6–13,4, волокна 1,5–4,2 ц/га, в том числе длинного 1,4–4,0 ц/га по сравнению с вариантом без азота (фактор А). Посев льна в уплотненном севообороте обеспечил достоверные прибавки только по тресте 7,2–13,6 и волокну 3,3–4,5 ц/га, в том числе длинному 2,1–3,6 ц/га. Однако, если в контрольном севообороте внесение 30 кг/га д.в. азота по сравнению с 20 кг/га д.в. достоверно повышало урожайность льнопродукции, то выращивание льна в уплотненном севообороте редькой масличной с внесением 30 кг/га д.в. азота было не эффективно, так как обеспечило тенденцию к снижению получения семян, общего и длинного волокна.

Следовательно, в условиях 2016–2018 гг. урожайность льнопродукции, полученная после заправки зеленой массы редьки и внесении минерального

азота 20 кг/га д.в., соответствовала урожайности, полученной при внесении 30 кг/га д.в. азота в севообороте, что свидетельствует о возможности экономии 10 кг/га д.в. азота за счет использования промежуточной культуры на зеленое удобрение в качестве источника пополнения в почве органического вещества.

Возделывание редьки масличной на зеленое удобрение не влияло на номер длинного трепаного волокна. По совокупности физико-механических показателей номер волокна 12 соответствовал контрольному варианту. Однако волокно, полученное после запашки промежуточной культуры, имело преимущество по показателям качества гибкости на 16 % и тонины на 13 % по отношению к контролю. Добротность льняной пряжи повышалась на 6,8 %.

Для уплотнения севооборота редькой масличной после уборки озимой пшеницы предполагаются дополнительные производственные затраты на дискование стерни, посев и стоимость семян промежуточной культуры, измельчение ее зеленой массы, а также снижение затрат за счет экономии 10 кг/га д.в. минерального азота и отказа от внесения глифосата после предшественника.

Об эффективности использования промежуточной культуры в технологии возделывания льна-долгунца свидетельствует экономический анализ затрат и полученной продукции на фоне минерального питания $N_0P_{60}K_{90}$, где прибыль составила 891,5 руб./га при рентабельности выращивания льна 61% (таблица 2). Экономическая эффективность данного технологического приема 211,7 руб./га.

Таблица 2 – Экономическая эффективность возделывания льна-долгунца при уплотнении севооборота редькой масличной на зеленое удобрение (в ценах 2018 г.)

Севооборот	Урожайность, ц/га		Номер тресты	Стоимость продукции, руб./га	Затраты на выращивание, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
	семян	тресты					
Минеральный фон $N_0P_{60}K_{90}$							
Контрольный	6,1	43,5	2,00	2097,6	1417,8	679,8	47,9
Уплотненный редькой масличной	7,6	48,0	2,00	2345,6	1454,1	891,5	61,3
Минеральный фон $N_{30}P_{60}K_{90}$							
Контрольный	7,7	56,9	2,00	2726,8	1604,1	1122,7	70,0
Минеральный фон $N_{20}P_{60}K_{90}$							
Уплотненный редькой масличной	7,9	58,6	2,00	2807,0	1585,0	1222,0	77,1

Использование редьки масличной на зеленое удобрение в звене зерно-льняного севооборота при внесении под лен-долгунец дозы азота 20 кг/га д.в. обеспечило прибыль 1222,0 руб./га при рентабельности выращивания 77 %. По сравнению с контрольным севооборотом и дозой азота 30 кг/га д.в. экономический эффект составил 99,3 руб./га.

Заклучение

Для северо-восточной части Беларуси посев промежуточной культуры на зеленое удобрение по стерне зерновой культуры на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве возможен не позднее 10 августа. При правильном сроке посева редька масличная к моменту запашки обеспечивает формирование до 20 т/га зеленой массы, что в пересчете на действующее вещество соответствует азоту 34, фосфору 44, калию 45 кг/га.

При выращивании льна-долгунца в уплотненном севообороте редькой масличной на зеленое удобрение, возможно снижение дозы минерального азота на 10 кг/га д.в. с рекомендуемой нормой 20 кг/га д.в., что обеспечило в среднем за 2016–2018 гг. достоверную прибавку по сравнению с контрольным севооборотом – тресты 5,7 ц/га, волокна 3,0 ц/га, в т.ч. длинного 2,0 ц/га, прибыль 1222,0 руб./га при рентабельности выращивания 77 %.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; редкол.: И.В. Медведева [и др.]. – Минск: Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета РБ, 2018. – 232 с.
2. Вильдфлуш, И.Р. Агрохимия: учебник / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Изд. 4-е, пер. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. 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.
5. Треста льняная. Требования при заготовках. СТБ 1194-2007. – Введ. 01.07.2011. – Минск: Госстандарт РБ, 2009. – 12 с.
6. Волокно льняное трепаное длинное. Технические условия. СТБ 1195-2008. – Введ. 01.11.2008. – Минск: Госстандарт РБ, 2008. – 18 с.
7. Саскевич, П.А. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца. Практическое руководство / П.А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.
8. Агрохимия. Практикум: учебное пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; УО «БГСХА»; под ред. И.Р. Вильдфлуша, С.П. Кукреша. – Минск, 2010. – 368 с.
9. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. ГОСТ 13496.4-93. – Введ. 01.01.1995. – Москва: Международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2011. – 18 с.
10. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора. ГОСТ 26657-97. – Введ. 01.01.1999. – Минск: Международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 10 с.

FIBRE FLAX CULTIVATION IN A CROP ROTATION COMPACTED WITH OIL RADISH FOR GREEN FERTILIZER

N.V. Stepanova

Compacting cereal-flax crop rotation with oil radish in the north-east part of the republic on sod-podzolic loamy soil at the optimum sowing time, it is possible to obtain up to 20 t/ha of oil radish green material containing 1,21 % of nitrogen, 1,57 % of phosphorus, 1,58 % of potassium. The following increases of flax products

obtained in 2016-2018 witness the effectiveness of plowdown of radish green material: flax retted stalks – 11 %, fibre – 17 %, long fibre – 15 % in relation to standard crop rotation. Taking into account the products received, additional expenses for crop rotation compaction, as well as cost reduction due to savings of 10 kg/ha of nitrogen active ingredient and refusal of glyphosate application, the economic effect of the technique amounts to 99,3 BYN/ha with 77 % of flax cultivation profitability.

УДК 633.65:631[531+54]

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА В МУЛЬЧУ НА УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА КОРНЕПЛОДОВ

Н.А. Лукьянюк, канд. с.-х. наук, доцент

(Поступила 13.05.2020)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** В статье приведена информация об эффективности посева сахарной свеклы в мульчу из соломы и промежуточных культур. Изучено влияние обработки почвы в формировании мульчи и продуктивности сахарной свеклы. Дана информация об изменениях эффективности данного приема в зависимости от ротации севооборота.*

Научно доказано, что формирование урожая на 40–45 % зависит от почвенных и климатических условий региона. Одной из особенностей сельского хозяйства Беларуси является высокая доля (41,2 %) эрозивноопасных почв, в связи с чем значительная часть посевов сахарной свеклы находится в зоне, подверженной ветровой и водной эрозии. Пыльные бури ежегодно вызывают гибель 5–12 % посевных площадей свеклы, а возделывание свеклы в районах с холмистым рельефом практически ежегодно приводит к замыванию части посевов. Только прямые потери от эрозийных процессов в свекловодстве составляют 2,0–2,5 млн долларов в год [1, 2].

Не менее актуальна проблема изменившегося климата. Так, за последние десятилетия температура воздуха в Беларуси за период вегетации была выше на 0,6–2,5 °С, а количество выпавших осадков хотя и было близким к средне-многолетнему показателю, неравномерность их выпадения усилилась [2].

Одним из способов снижения эрозийных процессов является система обработки почвы, направленная на максимальное сохранение растительных остатков на поверхности почвы путем ее минимализации и использования мульчи. Мульчирование – одно из средств управления факторами скорости ветра и формирования почвенной структуры при дефляции, а также стока при водной эрозии [3, 7].

Исследователями было установлено, что для предотвращения дефляции на поверхности почвы необходимо сохранить до 50 % стерни, что достижимо большинством почвообрабатывающих агрегатов (дисковые лущильники со-

храняют 40–60 % стерни, культиваторы-глубокорыхлители – 73–94 %, сеялки прямого высева – 80–90 %) [3, 7].

Первые исследования по использованию мульчи при возделывании свеклы сахарной предпринимались с середины XX века, однако не имели широкого распространения в связи с низким уровнем агротехнологий. Только в 80-е годы благодаря созданию комплекса машин и дальнейшему развитию семеноводства ее начали возделывать сначала по мульче, полученной из промежуточной культуры (фацелия, редька масличная, горчица белая), а позже в 90-х годах – по соломенной мульче [5, 6, 7].

В Беларуси исследований по изучению видов мульчи и способов ее формирования на продуктивность свеклы сахарной не проводилось.

Материал и методика исследований. Опыт был заложен на дерново-подзолистой высококультуренной супесчаной почве. Агрохимическая характеристика почвы: $pH_{KCl} = 6,4–6,7$; гумус – 2,04–2,49 %; P_2O_5 – 251–297 мг/кг; K_2O – 316–358 мг/кг; B – 0,91–1,0 мг/кг. Свеклу возделывали в четырехпольном севообороте: зернобобовые – озимые зерновые – сахарная свекла – ячмень. Раундап, 36% в.р. вносили в норме 6,0 л/га под озимые зерновые. Уборка зерновых производилась с измельчением соломы, кроме варианта «стерня». По измельченной соломе внесены минеральные удобрения ($P_{90}K_{150}$), проведена основная обработка почвы согласно схеме опыта, внесены азотные удобрения в форме КАС (N_{40}). Посев пожнивных культур проведен с нормами: редька масличная – 30 кг/га, горчица белая – 20 кг/га, фацелия – 10 кг/га. Весенняя обработка почвы проведена согласно схеме опыта, внесены КАС (N_{120}). Посев сахарной свеклы проводили сеялкой Моносем со специальными режущими дисками для посева в мульчу с нормой высева 1,3 п.е./га. На посевах сахарной свеклы применяли гербициды: Раундап 36% в.р. 2,0 л/га (до всходов свеклы), Бетанал эксперт ОФ, КЭ + Голтикс, СК (1,5 + 1,5 л/га, двукратно); Лонтрел 300, ВР, (0,4 л/га), Пантера, КЭ (1,0 л/га). Повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянки – 34,4 м², размещение делянок последовательное со смещением.

Уборку корнеплодов проводили трехрядным комбайном с последующей ручной доочисткой. Урожайность определяли поделяночным взвешиванием. Технологические качества (сахаристость, калий, натрий, альфа-аминный азот) определяли на автоматической линии «Венема».

Для статистической обработки экспериментальных данных применяли метод дисперсионного и корреляционного анализа [8].

Результаты исследований. Проведены исследованиями по влиянию основной обработки почвы на продуктивность свекловичного ценоза. Различий в урожайности между вспашкой и безотвальным рыхлением (63,1 т/га и 63,4 т/га) установлено не было, а при нулевой обработке почвы урожайность корнеплодов снижалась на 4,3 т/га (6,8 %). В вариантах с основной обработкой почвы установлена тесная корреляционная зависимость между урожайностью и температурой воздуха в период вегетации ($r=-0,76-0,86$) и средняя между урожайностью и количеством выпавших в период вегетации осадков ($r=-0,48-0,6$), за

исключением варианта с нулевой обработкой, где зависимость не выявлена (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Влияние основной обработки почвы на продуктивность сахарной свеклы (среднее за 2007-2011 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Выход сахара, т/га
Основная обработка почвы			
Вспашка (эталон)	63,1	18,65	10,4
Безотвальное рыхление	63,4	18,66	10,5
Нулевая обработка	58,8	18,44	9,7
Предпосевная обработка почвы			
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	61,7	18,56	10,2
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	66,6	18,66	11,0
Прямой посев	57,0	18,52	9,4
Мульча			
Стерня (эталон)	60,6	18,62	10,0
Солома	62,4	18,66	10,3
Редька масличная	64,3	18,59	10,6
Горчица белая	61,0	18,53	10,1
Фацелия	60,6	18,64	10,1

В вариантах с безотвальным рыхлением и вспашкой выход сахара составил 10,4–10,5 т/га и был на 0,7–0,8 т/га (6,7–7,7 %) выше, чем в варианте с нулевой обработкой. Не было установлено различий в сахаристости между вариантами с основной обработкой почвы – 18,44–18,66 % (таблица 1).

Различия в продуктивности между вариантами с предпосевной обработкой почвы были более значимыми, чем при осенней ее подготовке. Так, при весенней культивации с обратным уплотнением с последующей обработкой АКШ урожайность корнеплодов была на 4,9 т/га (7,9 %) выше эталона, что связано с формированием оптимального водно-воздушного и теплового режима на ранних этапах роста корнеплодов. Урожайность корнеплодов в варианте с культивацией тесно коррелирует с температурой вегетационного периода ($r=-0,98$), и в меньшей степени с выпадением осадков ($r=0,52$). В варианте с прямым посевом урожайности корнеплодов составила 57,0 т/га и была ниже эталона на 7,6 % (таблицы 1, 2).

Приемы предпосевной обработки не влияли на сахаристость корнеплодов – 18,52–18,56 % и слабо зависели от температуры в период вегетации. Наибольший выход сахара был получен в варианте с применением культивации с обратным уплотнением с последующей обработкой АКШ – 11,0 т/га, что на 0,8 т/га (7,8 %) выше, чем в эталоне. При прямом посеве произошло снижение выхода сахара на 7,8 % в сравнении с эталоном (таблица 1).

Изучено влияние мульчи на продуктивность сахарной свеклы. Было установлено, что из изучаемых вариантов прибавка урожайности корнеплодов получена только в вариантах с редькой масличной – 3,7 т/га (6,1 %) и мульчей из

соломы – 1,8 т/га (3,0 %). Сахаристость корнеплодов находилась на уровне 18,53–18,66 % и не зависела от вида мульчи (таблица 1).

Таблица 2 – Показатели корреляционного анализа влияния погодных условий на продуктивность свеклы сахарной

Вариант	Урожайность				Сахаристость			
	температура воздуха		количество осадков		температура воздуха		количество осадков	
	r	d	r	d	r	d	r	d
Основная обработка почвы								
Вспашка (эталон)	-0,86	73,2	0,60	35,6	-0,23	5,1	-0,61	37,2
Безотвальное рыхление	-0,81	66,0	0,48	23,2	-0,17	2,8	-0,57	32,8
Нулевая обработка	-0,76	58,4	0,08	0,7	-0,18	3,1	-0,62	38,2
Предпосевная обработка почвы								
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	-0,90	81,4	0,37	13,6	-0,23	5,1	-0,61	37,2
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	-0,98	96,1	0,52	27,1	-0,17	2,8	-0,57	32,8
Прямой посев	-0,80	64,2	0,56	31,5	-0,18	3,1	-0,62	38,2
Мульча								
Стерня (эталон)	-0,81	65,9	0,56	31,8	-0,12	1,5	-0,65	42,5
Солома	-0,97	94,2	0,32	10,6	-0,17	3,0	-0,61	37,7
Редька масличная	-0,97	94,7	0,54	29,0	-0,21	4,6	-0,60	35,7
Горчица белая	-0,88	77,0	0,52	27,1	-0,24	5,8	-0,54	29,0
Фацелия	-0,90	81,5	0,44	19,5	-0,20	4,1	-0,59	35,3

В варианте с мульчей из редьки масличной получен наибольший выход сахара – 10,6 т/га, что на 0,6 т/га выше, чем в эталоне со стерней. В варианте, где использовали мульчу соломы, дополнительный выход сахара составил 0,3 т (таблица 1).

Для понимания процесса формирования продуктивности свекловичного ценоза важно оценить не только каждый элемент в отдельности, но и их взаимодействие в агроценозе. Установлено, что максимальные показатели урожайности (66,5–66,7 т/га), сахаристости (18,56–18,70 %) и выхода сахара (1,0–11,1 т/га) получены на фоне предпосевной обработки почвы, которая включала культивацию с обратным уплотнением с последующей обработкой АКШ. Однако продуктивность достаточно сильно зависела от приемов основной обработки почвы и вида мульчи. Так, на фоне нулевой обработки почвы прибавки урожайности и выхода сахара с гектара составили 8,3 т/га и 1,5 т/га, что выше эталона с АКШ на 14,5 % и 15,8 % соответственно. Причем, вариант с мульчей из редьки масличной, имеющей хорошо развитую корневую систему, в данном блоке обеспечил максимальную прибавку урожая (7,3 т/га) и выход сахара (1,3 т/га), также высокие показатели были получены в варианте с горчицей белой – 5,1 т/га и 0,9 т/га соответственно (таблица 3).

На фоне вспашки вариант культивации с обратным уплотнением с последующей обработкой АКШ был менее эффективным, увеличение урожайности

Таблица 3 – Продуктивность и технологические качества корнеплодов сахарной свеклы (среднее за 2007-2011 гг.)

Вариант	Мульча	Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Выход сахара, т/га
1	2	3	4	5
Вспашка				
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	стерня	61,4	18,65	10,2
	солома	66,4	18,34	10,8
	редька	64,8	18,65	10,7
	горчица	61,5	18,37	10,1
	фацелия	59,4	18,80	10,0
	среднее	62,7	18,56	10,4
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	стерня	66,1	18,93	11,0
	солома	67,0	18,64	11,0
	редька	69,0	18,70	11,5
	горчица	65,1	18,51	10,7
	фацелия	66,5	18,72	11,1
	среднее	66,7	18,70	11,1
Прямой посев	стерня	61,9	18,65	10,2
	солома	61,2	18,82	10,2
	редька	61,7	18,61	10,2
	горчица	57,8	18,62	9,6
	фацелия	56,7	18,69	9,4
	среднее	59,9	18,68	9,9
Среднее по вспашке	стерня	63,1	18,74	10,5
	солома	64,9	18,60	10,7
	редька	65,2	18,65	10,8
	горчица	61,5	18,50	10,1
	фацелия	60,9	18,74	10,2
	Безотвальное рыхление			
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	стерня	62,0	18,53	10,2
	солома	66,6	18,51	10,9
	редька	67,3	18,72	11,2
	горчица	64,0	18,70	10,7
	фацелия	65,6	18,68	11,0
	среднее	65,1	18,63	10,8
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	стерня	66,0	18,63	10,8
	солома	68,4	18,62	11,2
	редька	68,3	18,80	11,3
	горчица	64,4	18,84	10,8
	фацелия	66,1	18,65	11,0
	среднее	66,6	18,71	11,0
Прямой посев	стерня	57,7	18,75	9,6
	солома	58,7	18,77	9,8
	редька	59,6	18,49	9,7
	горчица	57,3	18,50	9,4
	фацелия	59,3	18,68	9,9
	среднее	58,5	18,64	9,7

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Среднее по безотвальному рыхлению	стерня	61,9	18,64	10,2
	солома	64,6	18,63	10,6
	редька	65,1	18,67	10,7
	горчица	61,9	18,68	10,3
	фацелия	63,7	18,67	10,6
Нулевая обработка				
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	стерня	56,2	18,72	9,4
	солома	55,6	18,38	9,2
	редька	61,4	18,45	10,1
	горчица	57,2	18,54	9,6
	фацелия	55,5	18,37	9,1
	среднее	57,2	18,49	9,5
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	стерня	63,1	18,38	10,3
	солома	65,8	18,49	10,8
	редька	70,4	18,64	11,6
	горчица	68,2	18,52	11,2
	фацелия	65,2	18,76	10,9
	среднее	66,5	18,56	11,0
Прямой посев	стерня	51,2	18,31	8,3
	солома	51,9	18,16	8,5
	редька	56,7	18,23	9,2
	горчица	53,3	18,19	8,6
	фацелия	50,6	18,39	8,3
	среднее	52,7	18,26	8,6
Среднее по нулевой обработке	стерня	56,8	18,47	9,3
	солома	57,8	18,34	9,5
	редька	62,8	18,44	10,3
	горчица	59,6	18,42	9,8
	фацелия	57,1	18,51	9,4
НСР ₀₅ основная обработка почвы		2,2-5,9	0,2-0,3	0,4-1,0
НСР ₀₅ предпосевная обработка почвы		2,1-4,7	0,2-0,4	0,4-0,7
НСР ₀₅ мульча		3,3-6,8	0,2-0,3	0,5-1,1

составило 4,0 т/га (6,4 %), выхода сахара 0,7 т/га (6,7 %) в сравнении с эталоном. При этом лишь в варианте с мульчей из редьки масличной получены прибавки урожайности 2,9 т/га (4,4 %) и выхода сахара 0,5 т/га (4,5 %) (таблица 3).

На фоне безотвального рыхления прием ранневесенней культивации был наименее эффективным: рост урожайности не превысил 1,5 т/га, а выход сахара 0,2 т/га. В данном блоке в вариантах с мульчей из соломы и редьки масличной прибавки урожая составили 2,3–2,4 т/га (3,5–3,6 %), а выход сахара с гектара – 0,4–0,5 т (3,7–4,6 %) (таблица 3).

Применение весной перед посевом только АКШ было наиболее эффективно на фоне безотвального рыхления, где урожайность составила 65,1 т/га, сахаристости 18,71 % и выхода сахара 11,0 т/га, что выше, чем на фоне вспаш-

ки по урожайности на 2,4 т/га (3,8 %), выходу сахара 0,6 т/га (5,8 %). На фоне безотвального рыхления мульча из соломы и промежуточных культур обеспечила прибавку урожайности 2,0–5,3 т/га (3,2–8,1 %), вход сахара 0,5–1,0 т/га (4,9–9,85 %). На фоне вспашки и нулевой обработки дополнительный урожай корнеплодов и выход сахара были лишь в вариантах с мульчей из редьки масличной – 3,4 т/га и 0,5 т/га и 5,2 т/га и 0,7 т/га соответственно.

Использование прямого посева свеклы в мульчу было наименее эффективным. В сравнении с эталоном (АКШ) на фоне вспашки урожайность снизилась на 2,8 т/га (4,5 %), выход сахара на 0,5 т/га (4,8 %), на фоне безотвального рыхления на 6,6 т/га (10,1 %) и 1,1 т/га (10,2 %), на фоне нулевой обработки на 5,2 т/га (9,1 %) и 0,9 т/га (9,5 %) соответственно.

На эффективность мульчирования влияли и приемы осенней обработки почвы. Так, на фоне вспашки при прямом посеве не выявлено различий в урожайности (61,9 т/га и 61,7 т/га) и выходе сахара с гектара (10,2 т/га) между эталонным вариантом (запашка стерни) и мульчей из редьки масличной, а в вариантах с горчицей белой и фацелией наблюдалась тенденция в снижении этого показателя. На фоне безотвального рыхления тенденция роста урожайности с 57,7 т/га до 59,3–59,6 т/га установлена в вариантах с мульчей из редьки масличной и фацелии. При нулевой обработке при использовании мульчи редьки масличной рост урожайности составил 4,0 т/га (10,6 %), выхода сахара с гектара – 1,0 т (10,8 %). Таким образом, чем активнее обрабатывалась почва осенью и более мощная корневая система у покровной культуры, тем менее негативный эффект получен при применении прямого посева (таблица 3).

Сахаристость корнеплодов в меньшей степени зависела от изучаемых факторов. На фоне вспашки с весенней обработкой АКШ сахаристость составила 18,56 %, а в вариантах с использованием культивации с последующей предпосевной обработкой АКШ и прямого посева она возросла на 0,12 % и 0,14 %. При использовании мульчи наблюдалось снижение сахаристости с 18,74 % до 18,5 %, и наибольшим оно было в варианте с горчицей белой.

На фоне осеннего безотвального рыхления влияние на сахаристость весенней обработки (18,63–18,71 %) и мульчи (18,63–18,68 %) были еще менее значимы. И лишь в эталоне и в варианте культивации с последующей предпосевной культивацией АКШ при мульчировании редькой масличной и горчицей белой сахаристость увеличилась на 0,17–0,19 % и 0,17–0,21 % соответственно. При прямом посеве при применении крестоцветных культур на фоне безотвального рыхления наблюдалось снижение сахаристости на 0,25–0,26 %.

На фоне нулевой обработки почвы снижение сахаристости с 18,49 % до 18,26 % получено в варианте с прямым посевом. Мульчирование посева с применением крестоцветных культур и соломы в вариантах с предпосевной культивацией АКШ и при прямом посеве привело к снижению сахаристости. В варианте с культивацией с последующей обработкой АКШ мульча обеспечила увеличение сахаристости с 18,38 % до 18,78 % (таблица 3).

Основная и предпосевная обработка почвы, использование промежуточных культур и соломы влияют на физические и агрохимические показатели почвы, что отражается на хозяйственной эффективности в последующих рота-

циях севооборота. Значимые изменения в продуктивности в ротациях севооборота прослеживались в вариантах с основной обработкой почвы. В первую ротацию вариант со вспашкой имел наилучшие показатели по урожайности корнеплодов (66,0 т/га), сахаристости (17,48%) и выходу сахара с гектара (10,3 т). В варианте с безотвальным рыхлением продуктивность сахарной свеклы уступала эталону по урожайности и выходу сахара – 1,4 % и 1,1 % соответственно. Однако уже во вторую ротацию в варианте с безотвальным рыхлением почвы урожайность была на 2,9 %, а выход сахара с гектара на 4,0 % выше эталона. Также было отмечено снижение негативного влияния нулевой обработки на урожайность (на 6,3 %) и выход сахара с гектара (на 7,3%) (таблица 4, рисунок 1).

Таблица 4 – Продуктивность и технологические качества корнеплодов свеклы сахарной (среднее по ротациям)

Вариант	1-я ротация (2007-2009 гг.)			2-я ротация (2011-2013 гг.)		
	Урожайность, га	Сахаристость, %	Выход сахара, т/га	Урожайность, га	Сахаристость, %	Выход сахара, т/га
1	2	3	4	5	6	7
Вспашка						
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	64,7	17,39	10,1	58,3	18,65	9,7
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	68,7	17,67	10,8	61,7	18,96	10,5
Прямой посев	62,6	17,49	9,7	56,4	18,68	9,5
Стерня	64,6	17,49	10,0	60,1	18,96	10,2
Солома	67,0	17,44	10,4	62,6	18,83	10,5
Редька масличная	68,7	17,51	10,7	57,2	18,77	9,7
Горчица белая	63,6	17,48	9,9	55,4	18,49	9,2
Среднее по вспашке	66,0	17,48	10,3	58,8	18,76	9,9
Безотвальное рыхление						
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	66,4	17,47	10,3	62,9	18,98	10,7
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	69,0	17,50	10,7	61,3	19,09	10,5
Прямой посев	59,8	17,47	9,2	57,3	18,94	9,7
Стерня	62,7	17,40	9,6	62,1	18,91	10,5
Солома	66,7	17,31	10,2	60,7	19,15	10,4
Редька масличная	67,4	17,49	10,4	60,6	19,08	10,3
Горчица белая	63,5	17,62	10,0	58,6	18,88	9,9
Среднее по безотвальному рыхлению	65,1	17,46	10,1	60,5	19,01	10,3

1	2	3	4	5	6	7
Нулевая обработка						
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	55,9	17,39	8,7	56,5	18,79	9,5
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	67,8	17,41	10,5	59,6	18,70	10,0
Прямой посев	51,3	17,13	7,8	51,7	18,56	8,7
Стерня	56,6	17,20	8,6	55,6	18,69	9,4
Солома	56,0	17,22	8,6	57,2	18,64	9,6
Редька масличная	62,5	17,31	9,6	57,4	18,84	9,7
Горчица белая	59,4	17,43	9,2	53,5	18,57	9,0
Среднее по нулевой обработке	58,6	17,29	9,0	55,9	18,69	9,4
Среднее по предпосевной обработке						
Предпосевная культивация АКШ (эталон)	62,3	17,42	9,7	59,2	18,81	10,0
Культивация с обратным уплотнением + АКШ	68,5	17,53	10,7	60,9	18,92	10,3
Прямой посев	57,9	17,36	8,9	55,1	18,73	9,3
Среднее по мульче						
Стерня	61,3	17,36	9,4	59,3	18,85	10,0
Солома	63,2	17,32	9,7	60,2	18,87	10,2
Редька масличная	66,2	17,44	10,2	58,4	18,90	9,9
Горчица белая	62,2	17,51	9,7	55,8	18,65	9,4

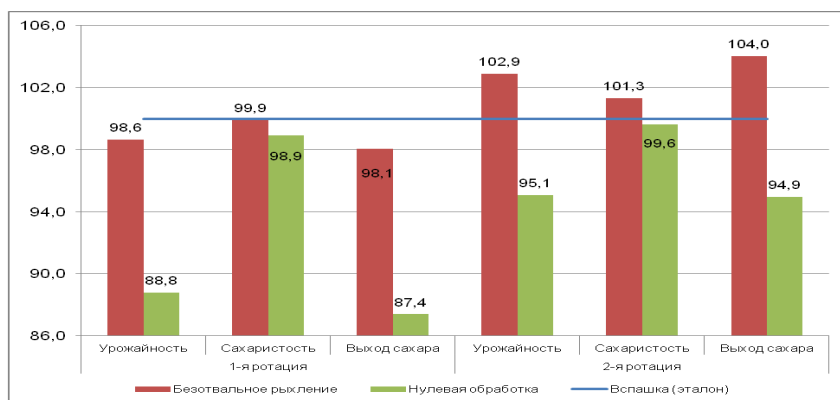


Рисунок 1 – Влияние основной обработки почвы на продуктивность сахарной свеклы в зависимости от ротации севооборота, %

Тенденция во влиянии приемов предпосевной обработки почвы на продуктивность сахарной свеклы в двух ротациях севооборота сохранилась, одна-

ко показатели их эффективности претерпели изменения. В варианте с культивацией и последующей обработкой АКШ в первую ротацию урожайность корнеплодов превышала эталон на 10,0 %, а по сбору сахара с гектара на 10,3 %, а во вторую ротацию различия снизились до 2,9 % и 3,0 % соответственно.

Различий в урожайности и выходе сахара на различных фонах основной обработки почвы при прямом посеве между ротациями выявлено не было (таблица 4, рисунок 2).

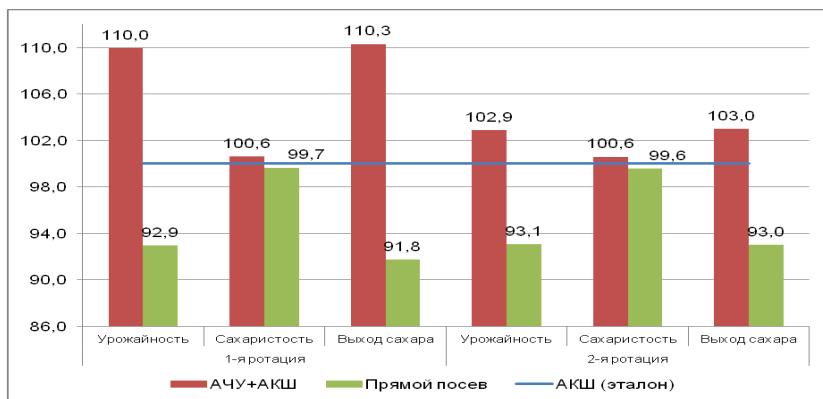


Рисунок 2 – Влияние предпосевной обработки почвы на продуктивность сахарной свеклы в зависимости от ротации севооборота, %

Наиболее значимые различия между ротациями в показателях продуктивности получены при применении мульчи. В первую ротацию севооборота при использовании мульчи соломы и промежуточных культур урожайность корнеплодов была выше эталона на 1,1–4,9 т/га (3,1–8,0 %), а выхода сахара на 0,3–0,8 т/га (3,2–8,5 %). Во второй ротации лишь в варианте с мульчей из соломы получена прибавка в урожайности 1,5 % и выхода сахара с гектара 2,0 %. Продуктивность сахарной свеклы при использовании мульчи крестоцветных культур снизилась по урожайности на 1,5 % для редьки масличной и 5,9 % для горчицы белой (таблица 4, рисунок 3).

Были изучены и установлены изменения в ротациях в эффективности мульчи на фонах основной обработки почвы. Так, если на фоне вспашки вариант с мульчей из редьки масличной в первую ротацию имел выход сахара на 0,7 т/га (7,0 %) выше эталона, то во вторую получено его снижение на 0,5 т/га (4,9 %). При безотвальном рыхлении в первую ротацию при мульчировании наблюдался рост урожайности и выхода сахара с гектара, а во вторую ротацию прослеживалась обратная тенденция. На фоне нулевой обработки выход сахара с гектара в вариантах с мульчей из соломы и редьки масличной во вторую ротацию был на 2,1 % и 3,2 % выше, чем в эталоне, однако в сравнении с первой ротацией снижение данного показателя на мульче из редьки масличной составило 8,4 %, а по горчице белой 11,3 %.

Следовательно, чем выше показатели окультуренности почвы и более благоприятные погодные условия складываются в период вегетации, тем ниже окупаемость мероприятий, направленных на активное воздействие на почву (вспашка и ранневесенняя культивация), а также эффективность мульчи как элемента влагосбережения.

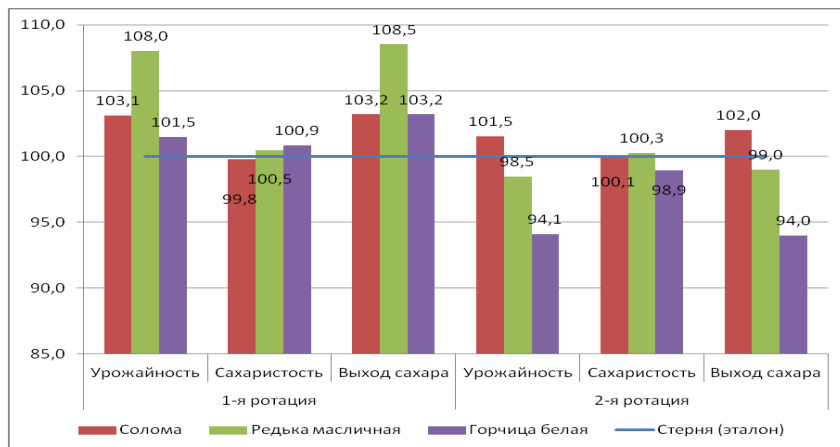


Рисунок 3 – Влияние мульчи на продуктивность сахарной свеклы в зависимости от ротации севооборота, %

Выводы

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве лучшими приемами основной обработки почвы для формирования мульчирующего посева являются вспашка и безотвальное рыхление. На почвах среднеокультуренных преимущество должно отдаваться вспашке, с повышением индекса окультуренности почв хозяйственная эффективность безотвального рыхления возрастает.

2. На фоне вспашки при наличии мульчи лучшим приемом весенней обработки является глубокая культивация на 8–10 см с одновременным уплотнением катками, что обеспечивает получение максимальной урожайности и выхода сахара с гектара при сохранении высоких технологических качеств корнеплодов. Оптимальным видом мульчи является редька масличная. С повышением окультуренности почв роль мульчи редьки масличной, как фактора повышения урожайности снижается, при этом сохраняется ее почвозащитная функция.

3. На фоне безотвальной обработки почвы лучшим приемом весенней обработки является применение АКШ, либо культивация с последующей обработкой АКШ. Лучшими видами мульчи в данных вариантах является солома и редька масличная, при этом с повышением окультуренности почвы их функция как элемента роста продуктивности снижается.

4. Использование нулевой обработки на дерново-подзолистой почве в большинстве случаев неоправданно. Использование данного приема возможно

в сочетании с мульчированием редькой масличной при весенней культивации на глубину 10-12 см с последующей обработкой АКШ. Прямой посев сахарной свеклы в Беларуси нецелесообразен.

Литература

1. Безотвальная обработка почвы в севообороте / Н. П. Вострухин, Н. А. Лукьянюк, И. С. Татур, М. И. Гуляка. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 124 с.
2. *Останин, А.В.* Агробиологическое обоснование применения мульчи при возделывании свеклы сахарной : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 ; 06.01.09 / А. В. Останин ; Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Опыт. науч. ст. по сахар. свекле. – Жодино, 2017. – 127 л.
3. *Заленский, В.А.* Обработка почвы и плодородие / В. А. Заленский, Я. У. Яроцкий. – Минск : Беларусь, 2003. – 539 с.
4. *Басин, В.С.* Возделывание сахарной свеклы с использованием соломенной мульчи / В. С. Басин // Сахар. свекла. – 2005. – № 6. – С. 29–30.
5. Сахарная свекла: выращивание, уборка, хранение / Д. Шпаар [и др.] ; под общ. ред. Д. Шпаара. – М. : [б. и.], 2013. – 315 с.
6. *Sander, G.* Die Mischung macht's – aber Vorsicht beim Ansetzen der Spritzbrühe / G. Sander // Zuckerrübe. – 2018. – № 2. – S. 16–19.
7. *Смеян, Н.И.* Почвенно-климатические условия ведения сельскохозяйственного производства на территории Беларуси / Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон, Л. И. Шибут // Адаптивные системы земледелия в Беларуси / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь ; под общ. ред. А. А. Попкова ; редкол.: В. С. Антонюк [и др.]. – Минск, 2001. – Гл. 1. – С. 15–22.
8. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов) : учебник / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Колос, 1985. – 351 с.

INFLUENCE OF SOIL CULTIVATION AND SOWING INTO MULCH ON SUGAR BEET YIELD AND TECHNOLOGICAL QUALITIES OF TUBERS

N.A. Lukyaniuk

The article provides the information on the effectiveness of sowing sugar beet into mulch from straw and intercrops. The influence of soil cultivation on the formation of mulch and sugar beet yield has been studied. The information is presented on changes in the effectiveness of this technique depending on crop rotation.

УДК 633.65:632.954:631.582

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ АГРОТЕХНИЧЕСКИМИ ПРИЕМАМИ В ЗВЕНЕ СВЕКЛОВИЧНОГО СЕВООБОРОТА

Н.А. Лукьянюк, канд. с.-х. наук, доцент

(Поступила 15.04.2020)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация: В статье приводятся результаты исследований по влиянию гербицидов, применяемых на предшествующих зерновых культурах, на всхо-

жесть, засоренность посевов и продуктивность свеклы сахарной. Изложены рекомендации по снижению последствия гербицидов с использованием приемов обработки почвы и промежуточных культур.

Скорость разложения персистентных гербицидов зависит от большого количества факторов, что затрудняет прогноз наличия их количества в почве к моменту посева последующих культур севооборота. В связи с этим в производстве иногда на следующий год у чувствительных культур выявляется остаточное фитотоксическое действие. Основными причинами фитотоксического действия гербицидов на культуры являются почвенно-климатические особенности региона и нарушение регламента их применения [1, 4, 6].

В почве гербициды мигрируют и деградируют под влиянием физических, химических и биологических процессов. Скорость миграции зависит от содержания гумуса, гранулометрического состава, количества осадков и величины рН [6].

Другим путем интоксикации гербицидов в почве является их разложение микробиотой в результате химических реакций, метаболизм растениями, отчуждение с урожаем, испарение в атмосферу [2, 6, 7].

Основной путь деградации сульфонилмочевин в почве – гидролиз до нетоксичных низкомолекулярных веществ почвенной микробиотой. Рост температуры и влажности почвы повышает активность микробиологических процессов и ускоряет скорость гидролиза. Так, до 27 °С микробиологический распад гербицидов доминирует над химическим, а при дальнейшем росте температуры наблюдается обратная тенденция. В условиях Беларуси на дерново-подзолистой почве с рН 6,0-7,5 процесс деградации сульфонилмочевинных гербицидов в большей степени зависит от температуры почвы, чем от ее влажности [2, 3, 7].

На скорость интоксикации сульфонилмочевинных гербицидов влияет химическая формула действующего вещества. Наиболее персистентными являются препараты на основе хлорсульфурина, метсульфурон-метила, триасульфурона, тритосульфурона, сульфметурон-метила и римсульфурина. Установлено, что наиболее персистентные из них в неблагоприятных почвенно-климатических условиях могут сохраняться в почве от 5–10 до 24 месяцев [5].

Таким образом, предотвращение отрицательного последствия производных сульфонилмочевины на чувствительные культуры севооборота необходимо искать в оптимизации регламентов их применения, разработке и внедрении комплекса приемов, проведение которых позволит уменьшить, а во многих случаях даже исключить это неблагоприятное явление.

Объекты и методы исследования. Опыт был заложен в 2008-2010 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием гумуса 2,56–2,9 %, подвижного фосфора 245–291 мг/кг, обменного калия 248–280 мг/кг, бора 0,88–1,01 мг/кг почвы. Кислотность почвы 6,0–6,6. Исследования проводили в звене севооборота: горох посевной – пшеница озимая – свекла сахарная.

Агротехника возделывания пшеницы общепринятая, согласно отраслевому регламенту ОР МСХП РБ 0215-2005. При посеве использовали сорт *Кобра* с

нормой высева 4,5 млн семян/га. Гербициды вносили весной прицепным опрыскивателем в соответствии со схемой. Норма расхода рабочего раствора 250 л/га. Общая площадь делянки – 240 м², повторность – трехкратная, размещение делянок последовательное.

При уборке озимых культур проводилось измельчение соломы, внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в дозе N₄₀P₉₀K₁₅₀. В дальнейшем, согласно схеме опыта проводилась вспашка (20-22 см) или дискование (10-12 см). В вариантах опыта пожнивно высевали редьку масличную с нормой 20,0 кг/га. Весной вносили азотные удобрения (N₁₂₀) в форме КАС, предпосевную обработку почвы АКШ-6,0. Посев сахарной свеклы осуществлен сеялкой Моносом Мека-3 со специальными режущими дисками для посева в мульчу. На посевах сахарной свеклы применяли гербициды Раундап, 36% в.р., 2,0 л/га (до всходов свеклы), Бетанал эксперт ОФ, КЭ + Голтикс, СК (1,5 + 1,5 л/га, двукратно); Лонтрел 300, ВР, (0,4 л/га), Пантера, КЭ (1,0 л/га). Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок последовательное. Площадь учетной делянки свеклы – 26,0 м². Уборка корнеплодов проводилась трехрядным комбайном с последующей ручной доочисткой. Урожайность определялась поделачным взвешиванием. Технологические качества (сахаристость, калий, натрий, альфа-аминный азот) определялись на автоматической линии «Венема».

Для статистической обработки экспериментальных данных применялся метод дисперсионного и корреляционного анализа [9].

Результаты исследований. В опыте полевая всхожесть семян сахарной свеклы зависела как от подготовки почвы и сидератных культур, так и гербицидов, применяемых на зерновых культурах. В вариантах, где осенью было проведено дискование, полевая всхожесть была на 1,8–2,6 % выше эталона. Применение сидератов осенью способствовало росту полевой всхожести на 1,1–2,0 %, причем на фоне минимальной обработки данный показатель был выше. Применение гербицидов снижало полевую всхожесть на 1,2–5,6 % в сравнении с контролем, причем наибольшее снижение было получено при применении гербицидов Ленок, ВГ, Ларен, ВДГ и Алистер, МД, наименьшее – Фенизан, ВР и Гранстар, 75% с.т.с. (таблица 1).

Установлены различия во влиянии агротехнических приемов на полевую всхожесть. На фоне осенней вспашки в вариантах с применением гербицидов Линтур, ВДГ, Прима, СЭ, Гранстар, 75% с.т.с. полевая всхожесть была на 3,9–6,2 % выше, чем в контроле, а в вариантах с Серто плюс, ВДГ, Гусар Турбо, МД, Кугар, КС отмечено ее снижение на 3,1–3,8 %. Если на фоне вспашки производить посев редьки масличной, то в вариантах с применением на предшествующей культуре гербицидов Ленок, ВГ, Ларен, ВДГ, Серто Плюс, ВДГ, Гранстар, 75% с.т.с. и Линтур, ВДГ отмечено снижение полевой всхожести на 3,1–7,7 % (таблица 1).

На фоне дискования варианты с гербицидами Прима, СЭ и Гусар Турбо, МД имели полевую всхожесть 82,3 % и 79,2 %, близкую к контролю – 81,5 %. При использовании других гербицидов получено снижение полевой всхожести семян.

Таблица 1 – Влияние элементов технологии на полевую всхожесть семян сахарной свеклы, %

Гербицид на озимой пшенице	Вспашка (эталон)	Вспашка + редька масличная	Дискование	Дискование + редька масличная	Среднее по гербицидам
Полевая всхожесть, %					
Контроль	74,6	78,5	81,5	81,5	79,0
Марафон, ВК	73,8	76,9	74,6	83,8	77,3
Серто Плюс, ВДГ	70,8	74,6	76,2	82,3	76,0
Линтур, ВДГ	80,0	75,4	74,6	79,2	77,3
Прима, СЭ	80,8	76,2	82,3	80,0	79,8
Фенизан, ВР	74,6	80,0	75,4	81,5	77,9
Ленок, ВГ	73,1	70,8	76,9	77,7	74,6
Ларен, ВДГ	73,5	70,8	74,6	80,0	74,7
Гранстар, 75% с.т.с.	78,5	74,6	78,5	80,8	78,1
Гусар Турбо, МД	70,8	79,2	79,2	76,9	76,5
Секатор Турбо, МД	76,9	78,5	76,9	73,8	76,5
Кугар, КС	71,5	79,2	74,6	76,9	75,6
Алистер, МД	76,9	77,7	74,6	71,5	75,2
Среднее по обработке	75,1	76,3	76,9	78,9	76,8

При возделывании промежуточной культуры на фоне дискования в варианте с гербицидом Марафон, ВК отмечено увеличение полевой всхожести на 1,3 %, а гербицидов Алистер, МД, Кугар КС, Секатор Турбо, МД, Гусар Турбо, МД и Ленок, ВГ – ее снижение на 2,8–10,0 %.

Следовательно, дискование под сахарную свеклу предпочтительнее при применении на озимой пшенице гербицидов Прима, СЭ, Ленок, ВГ, Ларен, ВДГ, Гранстар, 75% с.т.с., а вспашка – для гербицида Секатор Турбо, МД.

Мульча из редьки масличной в меньшей степени влияла на полевую всхожесть. В вариантах с использованием гербицида Кугар, КЭ получено ее повышение на 2,3–7,7 %, а Прима, СЭ – снижение на 2,3–4,6 % (таблица 1).

Засоренность посевов в изучаемых вариантах сильно варьировала в зависимости от способа основной обработки почвы, мульчи и гербицидов, используемых под предшествующую культуру.

Так, при вспашке снижение засоренности посевов свеклы сахарной в сравнении с дискованием составило 106–113 %, а при использовании мульчирующего посева она снизилась лишь на 17,3–20,0 % (таблица 2).

Более значимая роль в снижении засоренности сахарной свеклы принадлежит гербицидам, применяемым на озимой пшенице. В контроле засоренность составила 79,3 шт./м², а в вариантах с гербицидами она была на 49–63 % ниже. Наименьшая численность сорняков была при применении Серто Плюс, ВДГ, Кугар, КС, Фенизан, ВР, Линтур, ВДГ, Секатор Турбо, МД и Прима, СЭ 29,3–32,7 шт./м², варианты с Ленок, ВГ и Ларен, ВДГ имели наибольшую засоренность – 38,9–40,4 шт./м² (таблица 2).

На фоне вспашки наименьшая численность сорняков была в вариантах с гербицидами Гранстар, 75% с.т.с, Секатор Турбо, МД, Гусар Турбо, МД, Али-

стер, МД и Кугар, КС – 21,1–22,6 шт./м², наибольшая – Марафон, ВК и Прима, СЭ – 34,9–35,1 шт./м².

Дискование приводило к увеличению засоренности посевов на 7,1–228,3 %, и лишь при использовании гербицидов Марафон, ВК и Серто Плюс, ВДГ она снизилась на 15,1 % и 24,0 % соответственно.

Таблица 2 – Засоренность посевов сахарной свеклы, шт./м² (среднее за 2009-2010 гг.)

Гербицид на озимой пшенице	Вспашка	Вспашка + редька масличная	Дискование	Дискование + редька масличная	Среднее по гербицидам
Контроль	36,2	36,3	121,6	123	79,3
Марафон, ВК	35,1	16,6	29,8	56,2	34,4
Серто Плюс, ВДГ	27,2	14,3	20,6	55,2	29,3
Линтур, ВДГ	29,2	17,0	31,3	52,5	32,5
Прима, СЭ	34,9	19,1	40,4	36,3	32,7
Фенизан, ВР	27,2	16,4	37,6	39,3	30,1
Ленок, ВГ	26,6	19,9	59,3	49,9	38,9
Ларен, ВДГ	23,9	21,8	57,2	58,7	40,4
Гранстар, 75% с.т.с.	21,1	19,0	63,6	38,7	35,6
Гусар Турбо, МД	23,1	28,6	63,2	27,3	35,6
Секатор Турбо, МД	22,0	21,0	63,2	22,2	32,1
Кугар, КС	21,5	21,9	60,7	18,7	30,7
Алистер, МД	22,6	28,6	74,2	19,6	36,3
Среднее по обработке	27,0	21,6	55,6	46,0	37,5

Влияние редьки масличной на засоренность посевов сахарной свеклы на фоне вспашки при применении гербицидов было разнонаправлено. Так, при внесении на озимой пшенице гербицидов Гусар турбо, МД и Алистер, МД численность сорняков возрастала на 23,8 % и 26,5 %, в вариантах с Секатор Турбо, МД и Кугар, КС она сохранилась на уровне эталона, в остальных вариантах численность сорняков снижалась (таблица 2).

Применение мульчи редьки масличной на фоне дискования было менее значимым. Так, в вариантах с использованием гербицидов Марафон, ВК, Линтур, ВДГ, Серто Плюс, ВДГ, Ларен, ВДГ, Фенизан, ВР численность сорняков возрастала на 2,1–168 % (таблица 2).

Гербициды, используемые на пшенице, имели разнонаправленный характер на продуктивность сахарной свеклы в зависимости от изучаемых агротехнических приемов. Так, замена вспашки дискованием снижала отрицательное действие на урожайность таких гербицидов как Марафон, ВК и Алистер, МД на 4,6 % и 5,9 % соответственно. Посев редьки масличной не оказал значимого влияния на урожайность при снятии последствий, положительная тенденция на вспашке прослеживалась в вариантах с Марафон, ВК и Алистер, МД – 2,7 % и 5,7 %, а в вариантах с Ленок, ВГ и Гусар Турбо, МД получено снижение урожая на 3,0 и 4,8 % соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние гербицидов, применяемых на предшественнике, на продуктивность сахарной свеклы при, % к контролю (среднее за 2008-2010 гг.)

Гербицид на озимой пшенице	Вспашка	Вспашка + редька масличная	Дискование	Дискование + редька масличная
Урожайность				
Марафон, ВК	95,6	98,3	99,2	96,7
Серто Плюс, ВДГ	100,2	96,5	99,8	100,8
Лингур, ВДГ	100,0	99,2	101,7	99,2
Прима, СЭ	101,4	99,7	101,5	100,2
Фенизан, ВР	98,4	96,8	97,0	98,0
Ленок, ВГ	96,3	93,4	92,4	90,1
Ларен, ВДГ	94,6	93,4	93,7	88,5
Гранстар, 75% с.т.с.	100,5	98,5	96,4	96,1
Гусар Турбо, МД	99,7	94,9	96,4	91,4
Секатор Турбо, МД	95,1	96,7	96,5	97,4
Кугар, КС	97,7	96,8	94,7	90,0
Алистер, МД	86,7	92,4	92,6	85,4
среднее	97,2	96,4	96,8	94,5
Сахаристость				
Марафон, ВК	97,4	99,1	97,8	101,8
Серто Плюс, ВДГ	97,5	100,7	97,9	100,8
Лингур, ВДГ	97,4	101,4	98,5	100,4
Прима, СЭ	97,5	100,9	99,0	100,2
Фенизан, ВР	98,7	101,9	100,3	101,9
Ленок, ВГ	98,3	101,0	99,9	101,1
Ларен, ВДГ	99,9	101,9	99,6	99,7
Гранстар, 75% с.т.с.	98,0	101,3	101,0	99,2
Гусар Турбо, МД	98,7	100,5	99,5	101,5
Секатор Турбо, МД	98,0	99,8	99,0	101,3
Кугар, КС	97,0	102,6	97,7	100,3
Алистер, МД	97,3	100,3	99,5	98,6
среднее	98,0	101,0	99,1	100,6
Выход сахара с гектара				
Марафон, ВК	91,2	96,8	95,8	98,9
Серто Плюс, ВДГ	96,7	96,8	96,8	102,1
Лингур, ВДГ	95,6	100,0	98,9	100,0
Прима, СЭ	98,9	101,1	100,0	100,0
Фенизан, ВР	95,6	98,9	96,8	100,0
Ленок, ВГ	93,4	94,7	91,6	91,6
Ларен, ВДГ	94,5	94,7	92,6	88,4
Гранстар, 75% с.т.с.	97,8	100,0	96,8	95,8
Гусар Турбо, МД	97,8	95,8	94,7	92,6
Секатор Турбо, МД	92,3	96,8	95,8	97,9
Кугар, КС	93,4	100,0	92,6	90,5
Алистер, МД	85,7	92,6	91,6	84,2
среднее	94,4	97,4	95,3	95,2

Отмечена устойчивая тенденция в повышении сахаристости корнеплодов при возделывании промежуточной культуры. В этом случае на фоне вспашки в вариантах с гербицидами она была на 1,7–5,6 % выше контроля, а на фоне дискования снижение получено только в вариантах с Гранстар, 75% с.т.с. и Алистер, МД на 1,8 % и 0,9 % соответственно. В блоках опыта с дискованием наблюдалась тенденция к росту сахаристости корнеплодов, и наиболее высокой она была в варианте с гербицидом Гранстар, 75% с.т.с. – 3,0 % (таблица 3).

Применение промежуточной культуры на фоне вспашки оказалось наиболее эффективным приемом снижения отрицательного последствия. Выход сахара увеличился на 3,0 % в сравнении с эталоном, положительный рост получен при применении большинства гербицидов, за исключением Гусар Турбо, МД, где отмечено снижение выхода сахара на 2,0 %.

При замене вспашки минимальной обработкой осенью на фоне гербицидов Марафон, ВК, Прима, СЭ, Линтур, ВДГ, Секатор, МД, Фенизан, ВР и Алистер, МД получено увеличение выхода сахара с гектара, а гербицидов Ленок, ВГ, Гусар Турбо, МД, Гранстар, 75% с.т.с., Ларен, ВДГ, и Кугар, КС – его снижение.

Менее значимым в снижении последствия гербицидов на выход сахара с гектара оказался посев редьки масличной по дискованию. При данном приеме он возрастал в вариантах с использованием гербицидов Марафон, ВК, Линтур, ВДГ, Серто Плюс, ВДГ, Секатор Турбо, МД и Фенизан, ВР (таблица 3).

Анализ продуктивности сахарной свеклы свидетельствует о том, что на фоне традиционной вспашки урожайность корнеплодов (55,9 т/га), сахаристость (17,51%) и, соответственно, выход сахара с гектара (8,6 тонн) были наименьшими. Посев на фоне вспашки редьки масличной как сидератной культуры обеспечил рост показателей продуктивности: урожайности – на 2,3 т/га, сахаристости – на 0,41 %, выхода сахара – на 0,7 т/га. При этом отмечено снижение в корнеплодах содержания альфа-аминного азота с 16,1 до 12,2 ммоль/кг. При замене вспашки дискованием также наблюдался рост продуктивности свекловичного ценоза: урожайности – на 2,9 т/га, выхода сахара с гектара – на 0,5 т/га, в то же время применение мульчи на фоне дискования влияния на продуктивность свекловичного ценоза не оказало (таблица 4).

Отрицательное действие гербицидов в большей мере отразилось на массе корнеплодов, чем на ее технологических качествах: сахаристости и содержании вредных несугаров.

Наименьшее снижение урожайности сахарной свеклы получено в вариантах с гербицидами Линтур, ВДГ, Серто Плюс, ВДГ и Прима, СЭ, где она составила 99,0–99,8 % от контроля, а выход сахара 97,9–98,9 %, что свидетельствует о низкой их персистентности и отсутствии ограничений в применении (рисунки 1–3).

В вариантах, где на зерновых применяли гербициды Марафон, ВК, Фенизан, ВР, Гранстар, 75% с.т.с. и Секатор Турбо, МД, снижение урожайности корнеплодов составило 2,5–4,2 %, выхода сахара с гектара – 2,1–4,3 % соответственно. Изучаемые приемы (обработка почвы и промежуточная культура) на снижение последствия гербицидов Фенизан, ВР и Гранстар, 75% с.т.с. влия-

Таблица 4 – Продуктивность и технологические качества корнеплодов свеклы сахарной (среднее за 2008-2010 гг.)

Гербицид на озимой пшенице (фактор Б)	Урожайность т/га	Сахаристость, %	Содержание, ммоль/кг			Выход сахара, т/га
			К	Na	AmN	
1	2	3	4	5	6	7
Вспашка (эталон)						
Контроль	57,3	17,84	50,2	2,3	14,2	9,1
Марафон, ВК	54,8	17,38	50,8	2,3	19,2	8,3
Серго Плюс, ВДГ	57,4	17,39	51,1	2,4	17,2	8,8
Лингур, ВДГ	57,3	17,38	50,3	2,4	17,3	8,7
Прима, СЭ	58,1	17,40	50,4	2,3	17,0	9,0
Фенизан, ВР	56,4	17,61	50,8	2,3	16,6	8,7
Ленок, ВГ	55,2	17,53	50,7	2,0	17,5	8,5
Ларен, ВДГ	54,2	17,83	48,7	2,1	15,4	8,6
Гранстар, 75% с.т.с.	57,6	17,49	50,0	2,1	17,4	8,9
Гусар Турбо, МД	57,1	17,60	49,4	2,0	14,2	8,9
Секатор Турбо, МД	54,5	17,48	50,0	2,0	14,4	8,4
Кугар, КС	56,0	17,30	49,7	3,4	14,3	8,5
Алистер, МД	49,7	17,36	50,2	2,1	15,4	7,8
Среднее	55,9	17,51	50,2	2,3	16,1	8,6
Вспашка + редька масличная						
Контроль	60,2	17,76	52,3	2,1	11,9	9,5
Марафон, ВК	59,2	17,60	53,6	2,0	15,8	9,2
Серго Плюс, ВДГ	58,1	17,89	51,6	1,9	13,6	9,2
Лингур, ВДГ	59,7	18,00	53,2	1,8	12,4	9,5
Прима, СЭ	60,0	17,92	51,8	1,8	10,6	9,6
Фенизан, ВР	58,3	18,10	50,3	1,7	10,5	9,4
Ленок, ВГ	56,2	17,94	51,4	1,9	11,0	9,0
Ларен, ВДГ	56,2	18,10	51,8	1,5	12,2	9,0
Гранстар, 75% с.т.с.	59,3	17,99	52,0	1,6	13,1	9,5
Гусар Турбо, МД	57,1	17,85	50,5	1,7	11,8	9,1
Секатор Турбо, МД	58,2	17,73	50,8	1,8	11,5	9,2
Кугар, КС	58,3	18,23	51,0	1,7	11,2	9,5
Алистер, МД	55,6	17,82	53,3	1,6	12,5	8,8
Среднее	58,2	17,92	51,8	1,8	12,2	9,3
Дискование						
Контроль	60,6	17,70	50,6	1,9	15,0	9,5
Марафон, ВК	60,1	17,31	52,9	2,2	18,3	9,1
Серго Плюс, ВДГ	60,5	17,32	51,8	2,3	15,6	9,2
Лингур, ВДГ	61,6	17,44	51,3	2,2	17,3	9,4
Прима, СЭ	61,5	17,53	52,6	2,3	14,8	9,5
Фенизан, ВР	58,8	17,75	53,0	2,2	14,4	9,2
Ленок, ВГ	56,0	17,68	51,2	2,1	14,9	8,7
Ларен, ВДГ	56,8	17,63	50,8	2,0	13,2	8,8
Гранстар, 75% с.т.с.	58,4	17,88	51,7	2,0	15,6	9,2
Гусар Турбо, МД	58,4	17,61	53,3	2,0	15,7	9,0
Секатор Турбо, МД	58,5	17,52	50,3	1,9	14,1	9,1
Кугар, КС	57,4	17,29	50,8	2,0	13,1	8,8
Алистер, МД	56,1	17,61	50,0	2,2	15,0	8,7

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
Среднее	58,8	17,56	51,6	2,1	15,1	9,1
Дискование + редька масличная						
Контроль	60,8	17,65	49,5	2,0	11,1	9,5
Марафон, ВК	58,8	17,97	50,9	2,1	14,5	9,4
Серто Плюс, ВДГ	61,3	17,80	50,4	2,0	14,1	9,7
Лингур, ВДГ	60,3	17,72	48,9	1,9	13,2	9,5
Прима, СЭ	60,9	17,69	51,3	2,2	11,8	9,5
Фенизан, ВР	59,6	17,99	49,3	2,0	13,0	9,5
Ленок, ВГ	54,8	17,85	50,5	2,1	11,9	8,7
Ларен, ВДГ	53,8	17,60	50,6	1,9	12,6	8,4
Гранстар, 75% с.т.с.	58,4	17,50	51,2	1,8	12,6	9,1
Гусар Турбо, МД	55,6	17,92	52,2	1,7	12,7	8,8
Секатор Турбо, МД	59,2	17,88	52,3	1,9	12,8	9,3
Кугар, КС	54,7	17,71	53,0	6,4	10,5	8,6
Алистер, МД	51,9	17,41	51,2	1,9	13,5	8,0
Среднее	57,7	17,75	50,9	2,3	12,6	9,1
Среднее по обработкам						
Контроль	59,9	17,74	50,6	2,1	13,0	9,4
Марафон, ВК	58,4	17,57	52,1	2,1	17,0	9,0
Серто Плюс, ВДГ	59,3	17,60	51,2	2,2	15,1	9,2
Лингур, ВДГ	59,7	17,64	50,9	2,1	15,0	9,3
Прима, СЭ	59,8	17,63	51,5	2,1	13,5	9,3
Фенизан, ВР	58,3	17,86	50,8	2,1	13,6	9,2
Ленок, ВГ	55,5	17,75	50,9	2,0	13,8	8,7
Ларен, ВДГ	55,2	17,79	50,5	1,9	13,3	8,7
Гранстар, 75% с.т.с.	58,1	17,69	51,2	1,9	14,7	9,1
Гусар Турбо, МД	56,9	17,74	51,3	1,8	13,6	8,9
Секатор Турбо, МД	57,4	17,65	50,9	1,9	13,2	9,0
Кугар, КС	56,5	17,57	51,1	3,3	12,3	8,8
Алистер, МД	53,0	17,52	51,2	1,9	14,1	8,2
НСР ₀₅ (обработка почвы)	1,0-2,9	0,3-0,7				0,3-0,5
НСР ₀₅ (гербицид)	1,9-5,6	0,6-1,2				0,5-0,8

ния не оказали. После применения на зерновых гербицидов Марафон, ВК и Секатор Турбо, МД под сахарную свеклу не рекомендуется проведение вспашки, поскольку снижение урожайности составляет 2,5–2,8 т/га (4,4–4,9 %), а выход сахара до 7,7–8,8 % соответственно. Для уменьшения последствий данных гербицидов под сахарную свеклу оправдано использовать посев редьки масличной, где выход сахара возрастает на 4,5–5,4 %, а также дискование с учетом погодных условий вегетационного периода (рисунки 1, 2; таблица 4).

Применение на зерновых гербицидов Гусар Турбо, МД и Кугар, КС привело к недобору 5,0–5,7 % урожая корнеплодов, а выход сахара с гектара снизился на 5,3–5,4 % соответственно. После гербицида Гусар Турбо, МД сахарную свеклу можно высевать только после проведения глубокой вспашки, при которой снижение выхода сахара минимально (2,2–4,8 %). После применения гербицида Кугар, КС на зерновых в весенний период рекомендуется проведе-

ние вспашки с последующим посевом промежуточных культур, где не отмечено негативного действия пестицида на продуктивность сахарной свеклы. При минимальной обработке почвы потери выхода сахара достигают 6,6–7,4 %, что подтверждается результатами дисперсионного анализа (рисунки 1, 2; таблицы 3, 4).

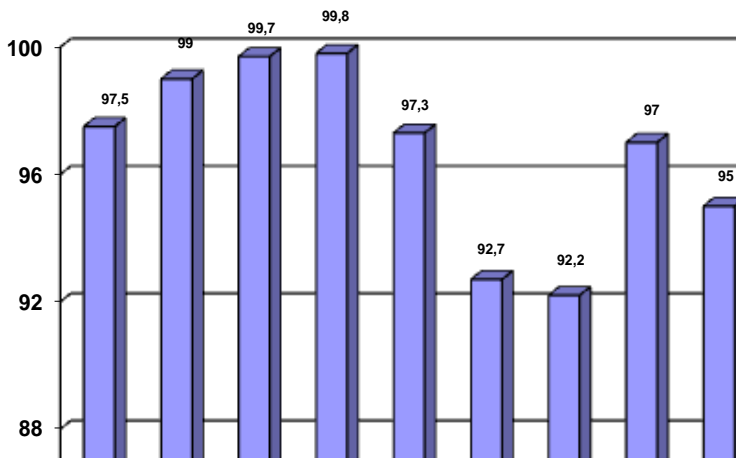


Рисунок 1 – Влияние гербицидов на урожайность сахарной свеклы (2008-2010 гг.), % к контролю

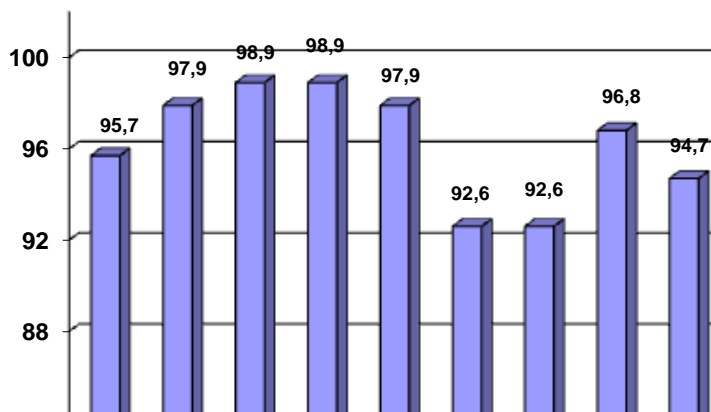


Рисунок 2 – Влияние гербицидов, применяемых на предшествующей культуре, на выход сахара с гектара, % к контролю (среднее за 2008-2010 гг.)

Наиболее сильное влияние на продуктивность сахарной свеклы оказали гербициды Ленок, ВГ, Ларен, ВДГ и Алистер, МД, при использовании которых снижение урожайности составило 7,3–11,5 %, а выхода сахара – до 7,4–12,8 %.

При этом изучаемые приемы, обработка почвы и применение промежуточной культуры, не в состоянии были снизить их негативное влияние. В связи с этим, использование гербицидов Ленок, ВГ, Ларен, ВДГ и Алистер, МД в звене севооборота при посеве на следующий год сахарной свеклы не рекомендуется (рисунки 1, 2; таблицы 3, 4).

Выводы

1. Система контроля сорной растительности в свекловичном севообороте должна строиться не только с учетом высокой биологической эффективности гербицида, но и минимализации отрицательного действия на последующие культуры севооборота. Недобор урожая от применения персистентных гербицидов может корректироваться особенностями обработки почвы и посева промежуточных культур, при которых можно снизить потери выхода сахара с гектара до 8,4 %. Наиболее эффективным приемом снижения отрицательного последствия на сахарную свеклу является посев промежуточной культуры на фоне вспашки. Прямое отрицательное действие гербицидов проявляется в большей степени в снижении полевой всхожести до 5,6 %, скрытое отрицательное действие – в снижении урожайности, которое может достигать 11,5 %.

2. Гербициды Серто Плюс, ВДГ, Линтур, ВДГ, Прима, СЭ, Фенизан, ВР и Гранстар, 75% с.т.с. можно использовать в звене свекловичного севооборота без ограничений, после гербицидов Марафон, ВК и Секатор Турбо, МД рекомендуется использовать посев редьки масличной как промежуточной культуры, а также приемы минимальной обработки почвы.

Применение в свекловичном севообороте гербицида Гусар Турбо, МД возможно лишь при условии проведения глубокой вспашки под сахарную свеклу, Кугар, КС в весенний период при проведении вспашки с последующим посевом промежуточных культур.

Гербициды Ленок, ВГ Ларен, ВДГ и Алистер, МД использовать на зерновых культурах в звене свекловичного севооборота не рекомендуется.

Литература

1. Гулидов, А.М. О последствии гербицидов / А.М. Гулидов // Защита и карантин растений. – 2003. – № 2. – С. 25–26.
2. Мельников, Н.Н. Пестициды и окружающая среда. Производные мочевины / Н.Н. Мельников // Агрохимия. – 1993. – № 6. – С. 109–121.
3. Мельников, Н.Н. Пестициды и регуляторы роста растений : справочник / Н.Н. Мельников, К. В. Новожилов, С. Р. Белан. – М. : Химия, 1995. – 575 с.
4. Пайде, Т. Применение новых сульфонилмочевинных гербицидов на яровых зерновых / Т. Пайде // Защита растений и охрана природы : тез. докл. науч.-произв. конф. по защите растений в респ. Прибалтики и Белоруссии (Дотнува-Академия, 5–6 июля 1989 г.). / Лит. НИИ земледелия. – Вильнюс, 1989. – Ч. 3 : Гербология. – С. 41–42.
5. Поддымкина, Л.М. Последствие хлорсульфурина для культур севооборота / Л.М. Поддымкина // Изв. Тимирязев. с.-х. акад. – 2007. – № 3. – С. 29–37.
6. Протасов, Н.И. Применение гербицидов – производных сульфонилмочевины в борьбе с сорной растительностью : рекомендации / Белорус. гос. с.-х. акад. ; сост.: Н.И. Протасов [и др.]. – Горки : [б. и.], 2000. – 31 с.
7. Протасов, Н.И. Применение гербицидов из группы производных сульфонилмочевины в условиях Республики Беларусь : лекция / Н.И. Протасов. – Горки : БГСХА, 1998. – 24 с.

8. Стецов, Г.Я. Практическое значение последействия гербицидов в севообороте / Г.Я. Стецов // Современные проблемы возделывания сельскохозяйственных культур и пути повышения величины и качества урожая : [сб. материалов междунар. науч.-практ. конф.] / Алт. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва СО РАСХН. – Барнаул, 2006. – С. 29–34.

9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов) : учебник / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Колос, 1985. – 351 с.

REGULATION OF HERBICIDES APPLICATION AFTEREFFECT WITH AGRICULTURAL TECHNIQUES IN THE LINK OF BEET CROP ROTATION

N.A. Lukyaniuk

The article deals with the results of the influence of herbicides applied to preceding cereals on germination, crop weediness and yield of sugar beet. Recommendations are presented on reduction of herbicides aftereffect using the methods of soil and intercrop cultivation.

УДК 633.15:632.954

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ С РАЗЛИЧНЫМ СПЕКТРОМ ДЕЙСТВИЯ НА ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ

Г.Н. Куркина, аспирант

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

(Поступила 13.02.2020)

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

Аннотация. При возделывании кукурузы на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве и преобладании в посевах однолетних двудольных сорняков наибольший эффект обеспечивают гербициды Люмакс (3,5 л/га) и Аденго (0,35 л/га) при внесении в фазу 3–5 листьев культуры. Из препаратов, содержащих сульфонилмочевину и используемых для уничтожения в посевах кукурузы многолетних сорняков, целесообразно применять баковые смеси гербицидов Дублон (1,0 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га) или Дублон голд (60 г/га) + Балерина (0,3 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га).

Введение. Сорные растения в значительной степени влияют на баланс элементов питания, физические и биологические свойства почвы, водно-воздушный, тепловой и световой режимы агрофитоценоза [1]. Исследованиями установлено, что вынос питательных веществ из почвы даже при общем количестве сорных растений до 30 шт./м² составляет около 50 кг/га NPK. Такое же количество питательных веществ выносит пырей ползучий при численности от 21 до 30 стеблей на 1 м² [2]. При возделывании кукурузы на слабо засоренных полях недобор урожая составляет 5–10%, средне засоренных – 15–20 %, а на сильно засоренных урожай снижается в 1,5–2,0 раза и более [3, 4]. По результатам маршрутных обследований в посевах кукурузы до проведения защитных мероприятий в 2016–2018 гг. в Беларуси насчитывалось 277–332 шт./м² сорных

растений. Чаще всего и в значительном количестве встречались просо куриное, марь белая, пырей ползучий, фиалка полевая и горец вьюнковый [5]. До фазы 2–3 листьев кукурузы сорняки не препятствуют ее росту и развитию, но в дальнейшем, до фазы 8–10 листьев, могут нанести существенный ущерб урожаю [6]. Появление в посевах сорных растений и отсутствие конкуренции со стороны кукурузы благоприятно сказываются на развитии и наборе вегетативной массы сорняков [7]. Чем короче период конкурентного воздействия сорной растительности на культуру, тем ниже ее вредоносность [8, 9]. Установлено что уничтожение сорняков через 20, 30, 40, 50 дней после появления всходов кукурузы приводит к снижению урожайности соответственно на 11, 20, 41, 62% даже при использовании высокоэффективных гербицидов [10].

Мероприятия по уничтожению сорных растений могут быть различными: агротехнические, биологические, химические [11]. Наиболее эффективным методом считается химический, который предполагает применение гербицидов [12, 13]. Вместе с тем, использование гербицидов, особенно в повышенных нормах, а также в поздние сроки развития растений кукурузы, приводит к их угнетению и даже гибели. Это происходит в тот период, когда в растениях начинается дифференциация клеток, образующих участки новой ткани. Для кукурузы таким периодом является фаза 6–7 листьев, когда начинается формирование генеративных органов и активизируется рост вторичных корней [14]. Эффективность борьбы с сорняками с помощью гербицидов зависит не только от чувствительности сорных растений, но и от того, какое влияние оказывает его действующее вещество на растения кукурузы. В зависимости от свойств препаратов, норм расхода, способов и условий применения они оказывают неодинаковое фитотоксическое действие на растения [15]. Именно этим обусловлен постоянный поиск гербицидов и замена традиционных средств на современные препараты, обладающие повышенной селективностью и хозяйственной эффективностью. В этом отношении перспективным является применение более эффективных и менее опасных комплексных гербицидов, содержащих в своем составе 2–3 действующих вещества с различным механизмом действия [16].

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2017–2019 гг. в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой связносупесчаной почве (гумус – 1,85–2,70%, P_2O_5 – 147–200 мг/кг, K_2O – 210–286 мг/кг почвы, pH – 5,62–6,14). Предшественником кукурузы в 2017 г. была кукуруза, в 2018 г. – гречиха, в 2019 г. – люцерна, что позволило расширить видовой состав сорняков и более полно выявить эффективность действия на них изучаемых гербицидов. После уборки предшественников на опытном участке вносили фосфорно-калийные удобрения (K_{120} ежегодно, P_{60} под урожай 2018 г. и P_{30} – 2019 г.) и проводили ежегодную вспашку с заделкой 50 т/га навоза КРС под урожай 2017 г. Весной под предпосевную обработку почвы вносили азотные удобрения ($N_{115-140}$) и высевали гибрид кукурузы СИ *Феномен*. Гербициды на посевах кукурузы вносили в фазу 3 и 5 листьев культуры в соответствии со схемой опыта (таблица 1).

Таблица 1 – Схема применения гербицидов на посевах кукурузы

Гербицид	Норма расхода (л/га)	Срок применения
Контроль (без гербицидов)	–	–
Люмакс, СЭ	3,5	3 листа
Аденго, КС	0,35	3 листа
Сулкотрек, КС	1,9	3 листа
Люмакс, СЭ	3,5	5 листьев
Аденго, КС	0,35	5 листьев
Экстракорн, СЭ	4,0	5 листьев
Примэстра голд TZ, СК (с 2019 г. – Гардо голд, КС)	4,0	5 листьев
Камелот, СЭ	4,0	5 листьев
Дублон, СК + Эгида, СК + ПАВ Адыо	1,0+0,2+0,2	5 листьев
Майстер пауэр, МД	1,5	5 листьев
Сатурн дуо, МД	1,5	5 листьев
Элюмис, МД	1,5	5 листьев
Дублон голд, ВДГ + Балерина, СЭ + ПАВ Адыо	60 г/га+0,3+0,2	5 листьев

Площадь опытной делянки 27 м², повторность – четырехкратная. Норма расхода рабочего раствора 200 л/га. Исследования проводили в соответствии с общепринятой методикой [17, 18].

Погодные условия в период проведения исследований существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Так, в 2017 г. погода в апреле и мае характеризовалась более низкой относительно нормы температурой воздуха. Холоднее чем обычно оказались июнь и июль (на 0,5 и 0,9 °С соответственно). В августе и сентябре среднесуточная температура воздуха превышала норму соответственно на 1,8 и 2,0 °С. Важное значение имело достаточное выпадение осадков в июле и августе, когда отмечается максимальная потребность растений кукурузы во влаге. Поэтому в сложившихся условиях была сформирована достаточно высокая урожайность этой культуры. В то же время необходимо отметить, что по своему развитию растения из-за температурного фактора отставали от многолетних значений.

В 2018 г. среднесуточная температура воздуха являлась благоприятной для роста и развития кукурузы на протяжении всего вегетационного периода. Это обеспечило хорошее развитие растений, опережающее на 1,5–2,0 недели многолетние показатели. Лимитирующим фактором формирования высокой урожайности можно считать дефицит осадков в первые две декады августа, когда выпало лишь 30% от нормы.

В 2019 г. в апреле и мае температура воздуха превышала среднееголетнее значение на 1,5 °С. Количество осадков в апреле составило 1%, однако в первой декаде мая их выпало в 3 раза больше нормы. Погода в июне благоприятствовала хорошему росту и развитию культуры благодаря высоким температурам воздуха (на 4,5 °С выше нормы) и умеренному количеству осадков. Июль оказался прохладным (на 1,3 °С ниже нормы) и влажным (осадков выпало на 20% больше нормы). В августе при умеренной температуре воздуха ко-

личество осадков превысило норму на 50%. В целом за этот вегетационный период погодные условия были благоприятными для формирования высокой урожайности кукурузы.

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2017 г. составила 843 °С, в 2018 г. – 1145 °С, в 2019 г. – 981 °С при норме 822 °С. С мая по сентябрь в 2017 г. по данным метеостанции Борисов выпало осадков 368 мм, в 2018 г. – 297 мм, в 2019 г. – 384 мм при норме 370 мм.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что исходная засоренность посевов кукурузы перед внесением гербицидов в 2017 г. составила 317,7 шт./м², в 2018 г. – 198,6 шт./м², в 2019 г. – 294,6 шт./м². В среднем за период исследований этот показатель был равен 270,3 шт./м² (таблица 2).

В 2017 г. в посевах кукурузы преобладали марь белая (47,9%), ярутка полевая (12,2%), сушеница топяная (11,5%), звездчатка средняя (7,9%). Всего на однолетние двудольные сорняки приходилось 94,9%. Однолетние злаковые занимали 3,5%, пырей ползучий – 0,7% и многолетние двудольные сорняки – 0,9% сорного ценоза.

В 2018 г. на однолетние двудольные сорные растения приходилось 99,6%, из которых 62,2% занимала марь белая, 8,3% – горцы, преимущественно горец вьюнковый и 17,8% – гречиха посевная, являющаяся предшествующей культуре кукурузы. До возделывания гречихи на опытном участке выращивались редька масличная и клевер ползучий на семена, которые также присутствовали в посевах кукурузы в качестве засорителей. Практически отсутствовали в сорном ценозе многолетние и однолетние злаковые сорняки.

В 2019 г. в посевах кукурузы однолетние двудольные сорняки составили 85,6%. Преобладали среди них марь белая – 47,1%, щирица запрокинутая – 13,6%, пастушья сумка – 8,4%, галинзога мелкоцветная – 5,8%. Удельный вес предшествующей люцерны посевной в сорном ценозе составил 2,3%. На мало-летние злаковые сорняки – просо куриное и мятлик обыкновенный приходилось 4,0 и 5,8% численности сорного ценоза соответственно. Доля стеблей пырея ползучего в нем была равна 1,6%.

В среднем за 3 года на однолетние двудольные сорняки приходилось 92,7%, из которых марь белая занимала 51,1%, пастушья сумка – 6,4%, щирица запрокинутая – 5,4%, ярутка полевая – 5,2%, звездчатка средняя – 4,6%. Из засорителей посевов кукурузы на гречиху посевную приходилось 4,4%, люцерну посевную – 0,8%, редьку масличную – 0,5%, клевер ползучий – 0,3%. Однолетние злаковые сорняки составляли 5,0%, пырей ползучий – 0,8% и многолетние двудольные сорные растения – 1,5%.

Результаты исследований показали, что через 30 дней после проведения химической прополки посевов кукурузы в контрольном варианте, где гербициды не вносили, численность сорняков составила в среднем за три года 236,8 шт./м². Наибольший эффект отмечался при внесении в фазу 3 листьев кукурузы гербицида Люмакс (3,5 л/га) и в фазу 5 листьев этой культуры Элюмис (1,5 л/га). Гибель сорняков в этих вариантах составила 95 и 94% соответственно. Примерно на таком же уровне (93%) этот показатель находился в вариантах, в которых применяли гербицид Аденго (0,35 л/га) в фазу 3 или 5 листьев

Таблица 2 – Исходная засоренность посевов кукурузы перед внесением гербицидов, шт./м²

Вид сорняка		2017 г.	2018 г.	2019 г.	Сред- нее	%
Марь белая	<i>Chenopodium album</i> L.	152,2	123,6	138,9	138,2	51,1
Звездчатка средняя	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	25	5,9	6,1	12,3	4,6
Горцы-виды	<i>Polygonum</i>	2,4	16,5	2,0	7,0	2,6
Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i> Murr.	1,7	4,4	5,6	3,9	1,4
Пикульник обыкновенный	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	0,4	0,5	1,4	0,8	0,3
Галинзога мелко-цветковая	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	8,2	1,1	17,2	8,8	3,3
Щирица запрокинутая	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	3,9	0,2	40,0	14,7	5,4
Ромашка непахучая	<i>Matricaria perforata</i> Merat.	3,2	0	4,0	2,4	0,9
Пастушья сумка	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.)	23	3,9	24,6	17,2	6,4
Сушеница топяная	<i>Filaginella uliginosa</i> (L.)	36,5	0	0	12,2	4,5
Ярутка полевая	<i>Thlaspi arvense</i> L.	38,8	0,9	2,7	14,1	5,2
Паслен черный	<i>Solanum nigrum</i> L.	3,9	0,1	1,6	1,9	0,7
Торица полевая	<i>Spergula arvensis</i> L.	1,6	0	3,4	1,7	0,6
Прочие однолетние		0,6	0,1	3,4	1,4	0,5
Гречиха посевная	<i>Fagopyrum esculentum</i>	0	35,3	0	11,8	4,4
Редька масличная	<i>Raphanus sativus</i> var.	0	4,2	0	1,4	0,5
Клевер ползучий	<i>Trifolium repens</i> L.	0	1,2	1,3	0,8	0,3
Однолетние двудольные		301,4	197,9	252,2	250,6	92,7
Осот желтый	<i>Sonchus arvensis</i> L.	1,7	0,1	1,2	1,0	0,4
Подорожник большой	<i>Plantago major</i> L.	1,2	0	0	0,4	0,2
Люцерна посевная	<i>Medicago sativa</i>	0	0	6,9	2,3	0,8
Прочие многолетние		0	0	0,8	0,3	0,1
Многолетние двудольные		2,9	0,1	9,0	4,0	1,5
Мятлик однолетний	<i>Poa annua</i> L.	9,4	0	17,0	8,8	3,3
Просо куриное	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.)	1,6	0,6	11,7	4,6	1,7
Однолетние злаковые		11	0,6	28,7	13,4	5,0
Пырей ползучий	<i>Agropyron repens</i>	2,3	0	4,7	2,3	0,8
Всего		317,7	198,6	294,6	270,3	100

кукурузы. При использовании в фазу 3 листьев этой культуры смеси гербицидов Дублон (1,0 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га), а также гербицида Сулкотрек (1,9 л/га) гибель сорняков составила 92%. Наименьший эффект был получен в вариантах, где применяли Камелот (4,0 л/га) и Примэкстра голд (4,0 л/га) в фазу 5 листьев культуры. Численность сорняков в этом случае уменьшилась на 71 и 78% (таблица 3).

Таблица 3 – Гибель сорняков через 30 дней после внесения гербицидов, % (среднее за 2017–2019 гг.)

Гербицид	Всего	Однолетние		Многолетние	
		злаковые	двудольные	пырей ползучий	прочие
Контроль (без обработки)*	236,8	7,2	209,3	5,8	14,2
Люмакс	95	86	99	0	100
Аденго	93	68	96	2	95
Сулкотрек	92	19	97	14	95
Люмакс	88	61	97	0	100
Аденго	93	79	94	53	99
Экстракорн	86	47	88	53	93
Примэкстра голд TZ	78	49	80	0	96
Камелот	71	44	71	34	99
Дублон + Эгида + ПАВ Адыо	92	82	92	86	95
Майстер пауэр	81	93	82	57	72
Сатурн дуо	87	68	89	69	75
Элюмис	94	97	95	45	100
Дублон голд + Балерина + ПАВ Адыо	82	82	83	57	72

Примечание: *в контрольном варианте количество сорняков шт./м².

Гербициды Камелот (4,0 л/га), Примэкстра голд (4,0 л/га) и Майстер пауэр (1,5 л/га) обеспечили наименьшую гибель однолетних двудольных сорняков (71– 82%), а при внесении гербицида Сулкотрек (1,9 л/га) отмечалась самая низкая гибель однолетних злаковых сорных растений (19%).

Установлено, что через 60 дней после применения гербицидов численность сорняков в контроле составила в среднем 214,1 шт./м², а их сырая масса – 2803 г/м². Под влиянием изучаемых гербицидов гибель сорных растений в посевах кукурузы находилась в пределах 67–95%. Самая высокая гибель сорняков отмечалась в варианте с внесением в фазу 5 листьев кукурузы гербицида Элюмис (1,5 л/га), несколько ниже (92–93%) этот показатель был в вариантах, в которых использовали гербициды Дублон (1,0 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адыо (0,2 л/га) в фазу 5 листьев культуры, Аденго (0,35 л/га) в 3 и 5 листьев, Люмакс (3,5 л/га) в 3 листа кукурузы. Наименьшее снижение численности сорняков было получено при внесении в фазу 5 листьев культуры гербицида Камелот (4,0 л/га) (таблица 4).

В среднем за период исследований наибольшее снижение в посевах кукурузы сырой массы сорняков (91,0%) отмечалось при внесении в фазу 5 листьев культуры гербицидов Аденго (0,35 л/га) и Майстер пауэр (1,5 л/га). На 88% снизилась сырая масса сорняков при использовании гербицида Люмакс (3,5 л/га) в фазу 3 листьев кукурузы, Элюмис (1,5 л/га) и Дублон голд (60 г/га) + Балерина (0,3 л/га) + ПАВ Адыо (0,2 л/га) в фазу 5 листьев культуры. Люмакс (3,5 л/га), внесенный в более поздний срок, уменьшил этот показатель только на 87%. Наименьшее снижение сырой массы сорняков (55–75%) отмечалось в вариантах с внесением гербицидов Примэкстра голд (4,0 л/га),

Таблица 4 – Гибель сорняков и снижение их сырой массы через 60 дней после внесения гербицидов, % (среднее за 2017–2019 гг.)

Гербицид	Гибель сорных растений				Снижение сырой массы сорных растений					
	Всего	однолетние		многолетние		Всего	однолетние		многолетние	
		злако- вые	дву- доль- ные	пырей полу- чий	прочие		злако- вые	дву-доль- ные		пырей полу- чий
Контроль (без обработки)*	214,1	6,8	186,0	7,5	13,8	2803	31	2728	18	27
Люмакс	92	81	98	0	100	88	87	89	22	100
Адепто	93	71	97	17	95	76	61	76	67	63
Сулкотрек	90	9	97	0	95	75	0	78	44	0
Люмакс	82	37	96	0	99	87	55	88	0	96
Адепто	93	93	95	43	99	91	94	91	78	96
Экстракорн	85	41	87	64	94	75	0	79	83	0
Примэстра голд TZ	78	31	82	0	98	55	0	59	0	70
Камелог	67	53	67	4	100	55	0	55	28	100
Дублон + Эгида + ПАВ Алью	92	81	92	100	98	83	48	84	100	89
Майстер пауэр	90	96	90	100	72	91	97	91	100	70
Сатурн дуо	88	66	90	96	73	75	39	78	100	0
Элюмие	95	93	95	93	99	88	94	87	94	100
Дублон голд + Балерина + ПАВ Алью	86	78	87	100	67	88	42	89	100	0

Примечание. * В контроле численность сорняков, шт./м² и масса, г/м².

Камелот (4,0 л/га), Сулкотрек (1,9 л/га), Экстракорн (4,0 л/га) и Сатурн дуо (1,5 л/га). Изучаемые гербициды не обеспечивали высокого эффекта в уничтожении гречихи посевной. Учитывая то, что площади посева ее в республике незначительные, следует отказаться от такого чередования культур в севообороте. Однако анализ показывает, что если между урожайностью зеленой массы кукурузы и сырой массой сорняков мари белой коэффициент корреляции составил $-0,81$, горцев $-0,17$, редьки масличной $-0,11$, то между урожайностью зеленой массы кукурузы и сырой массой гречихи посевной он был положительным и равнялся $0,16$. Это свидетельствует о том, что гречиха наращивает вегетативную массу позже, когда растения кукурузы находятся в некритической фазе конкурентных отношений.

Варианты Дублон (1 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га), Сатурн дуо (1,5 л/га) и Элюмис (1,5 л/га) включали одни и те же действующие вещества при различных их количествах. Так, в первой баковой смеси в гектарной норме внесения находилось 40 г никосульфурона и 96 г мезотриона, во втором препарате – 60 и 82 г, в третьем – 45 и 112 г соответственно. Поскольку самое эффективное действие с преобладанием в посевах кукурузы однолетних двудольных сорняков оказал Элюмис (1,5 л/га), то норму 45 г/га никосульфурона и 112 г/га мезотриона следует считать наиболее оптимальной, а наименее эффективной – 60 и 82 г/га соответственно, которая была при использовании гербицида Сатурн дуо (1,5 л/га).

Максимальная урожайность зеленой массы в 2017 г. (546 ц/га) получена в варианте с применением гербицида Элюмис (1,5 л/га). Незначительно уступали ему варианты с внесением гербицидов Люмакс (3,5 л/га) в фазу 3 или 5 листьев (525–542 ц/га), Аденго (0,35 л/га) и Сулкотрек (1,9 л/га) в фазу 3 листьев культуры (510–521 ц/га), Экстракорн (4,0 л/га) и Дублон (1,0 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га) в фазу 5 листьев (518–525 ц/га). Самая низкая урожайность (433–456 ц/га) отмечалась в вариантах с внесением гербицидов Камелот (4,0 л/га) и Примэкстра голд (4,0 л/га) (таблица 5).

В 2018 г. наибольшую урожайность зеленой массы обеспечил гербицид Люмакс (3,5 л/га), применяемый в фазу 5 листьев кукурузы (352 ц/га). Несущественно уступали этому препарату (на 17–37 ц/га) варианты с внесением гербицидов Люмакс (3,5 л/га), Аденго (0,35 л/га) и Сулкотрек (1,9 л/га) в фазу 3 листьев, а также Аденго (0,35 л/га), Экстракорн (4,0 л/га), Дублон (1,0 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га), Майстер пауэр (1,5 л/га), Элюмис (1,5 л/га) и Дублон голд (60 г/га) + Балерина (0,3 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га) в фазу 5 листьев кукурузы. Наименьшая урожайность зеленой массы (227–275 ц/га) получена в вариантах с применением гербицидов Камелот (4,0 л/га), Примэкстра голд (4,0 л/га) и Сатурн дуо (1,5 л/га).

Самая высокая урожайность зеленой массы кукурузы в 2019 г. (642 ц/га) была получена в варианте с внесением в фазу 3 листьев культуры гербицида Люмакс (3,5 л/га). Существенно уступали ему варианты с использованием гербицидов Примэкстра голд (4,0 л/га), Камелот (4,0 л/га), Дублон голд (60 г/га) + Балерина (0,3 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га), Сатурн дуо (1,5 л/га), Сулкотрек

Таблица 5 – Действие гербицидов на урожайность зеленой массы кукурузы, ц/га

Гербицид	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Контроль (без обработки)	44,1	45	41,7	43,6
Люмакс	542	323	642	502
Аденго	521	315	607	481
Сулкотрек	510	317	563	463
Люмакс	525	352	623	500
Аденго	498	335	622	485
Экстракорн	525	318	590	478
Примэкстра голд TZ	456	269	441	389
Камелот	433	227	422	361
Дублон + Эгида + ПАВ Адьо	518	314	605	479
Майстер пауэр	505	319	609	478
Сатурн дуо	506	275	575	452
Элюмис	546	305	596	482
Дублон голд + Балерина + ПАВ Адьо	500	307	574	460
НСР ₀₅	38	38	58	46

(1,9 л/га), в которых урожайность зеленой массы находилась в пределах 422–575 ц/га.

В среднем за 3 года максимальную урожайность зеленой массы кукурузы (500–502 ц/га) обеспечивало применение гербицида Люмакс (3,5 л/га) в 3–5 листьев культуры. При внесении Аденго (0,35 л/га) этот показатель находился в пределах 481–485 ц/га, Элюмис (1,5 л/га) – 482 ц/га, Экстракорн (4,0 л/га), Майстер пауэр (1,5 л/га), Дублон (1,0 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га) – 478–479 ц/га. Наименьшая урожайность была получена при использовании гербицидов Камелот (4,0 л/га) и Примэкстра голд (4,0 л/га) – 361 и 389 ц/га соответственно.

Наибольший сбор сухого вещества кукурузы в среднем за период исследований был получен в варианте с применением гербицида Люмакс (3,5 л/га) в фазу 3 листьев культуры – 142,3 ц/га. При внесении этого гербицида в фазу 5 листьев культуры указанный выше показатель был равен 139,6 ц/га, т.е. снижался на 2,7 ц/га (1,9%). В варианте, где в фазу 5 листьев кукурузы использовали Элюмис (1,5 л/га), сбор сухого вещества составил 137,7 ц/га, что на 4,6 ц/га (3,2%) ниже по сравнению с наиболее продуктивным вариантом. При применении гербицида Аденго (0,35 л/га) этот показатель находился в пределах 136,4–136,8 ц/га, и был ниже по сравнению с внесением гербицида Люмакс (3,5 л/га) на 5,5–5,9 ц/га (3,9–4,1%). При использовании других изучаемых гербицидов сбор сухого вещества составлял 97,7–134,1 ц/га, что ниже по сравнению с лучшим вариантов на 8,2–44,6 ц/га (5,7–31,3%), самый низкий показатель – при внесении гербицида Камелот (4,0 л/га) (таблица 6).

Оценка экономической эффективности применения изучаемых гербицидов показала, что при выращивании кукурузы на силос наибольший чистый доход (951,6 руб./га) и наименьшая себестоимость 1 т к.ед. (228,25 руб.) полу-

Таблица 6 – Урожайность сухого вещества кукурузы при использовании различных гербицидов, ц/га (2017–2019 гг.)

Гербицид	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Контроль (без обработки)	10,6	11,8	8,4	10,3
Люмакс	148,6	86,6	191,7	142,3
Аденго	143,3	84,7	182,5	136,8
Сулкотрек	140,7	85,0	176,6	134,1
Люмакс	144,1	94,3	180,4	139,6
Аденго	132,9	90,1	186,2	136,4
Экстракорн	138,8	85,2	173,4	132,5
Примэкстра голд TZ	118,0	72,6	128,1	106,2
Камелот	110,9	61,3	120,9	97,7
Дублон + Эгида + ПАВ Адьо	134,7	84,8	181,4	133,6
Майстер пауэр	133,8	85,8	176,4	132,0
Сатурн дуо	130,8	74,0	175,3	126,7
Элюмис	148,5	81,7	183,0	137,7
Дублон голд + Балерина + ПАВ Адьо	136,8	82,9	171,9	130,5
НСР ₀₅	10,1	11,0	17,3	13,2

чена в варианте с использованием гербицида Люмакс (3,5 л/га) в фазу 3 листьев культуры. Незначительно уступали ему по этим показателям варианты с внесением данного препарата в фазу 5 листьев кукурузы, а также с использованием Аденго (0,35 л/га) в 3–5 листьев, Сулкотрек (1,9 л/га) в 3 листа, Дублон (1,0 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га) и Дублон голд (60 г/га) + Балерина (0,3 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га) в 5 листьев культуры. Гербицид Элюмис (1,5 л/га) обеспечивает близкий к указанным выше препаратам чистый доход, но по причине более высокой стоимости имеет меньшую рентабельность и соответственно большую себестоимость (таблица 7).

Выводы

1. В посевах кукурузы с преобладающим засорением малолетними двудольными сорняками наибольшую биологическую, хозяйственную и экономическую эффективность обеспечивают Люмакс (3,5 л/га), Аденго (0,35 л/га) в фазу 3–5 листьев культуры, а при отсутствии однодольных – и Сулкотрек (1,9 л/га) в 3 фазу листьев кукурузы.

2. Из изучаемых гербицидов, содержащих сульфонилмочевину и используемых для уничтожения в посевах кукурузы многолетних сорняков, наибольший хозяйственный и экономический эффект обеспечивают самые дешевые баковые смеси: Дублон голд (60 г/га) + Балерина (0,3 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га) или Дублон (1,0 л/га) + Эгида (0,2 л/га) + ПАВ Адьо (0,2 л/га).

Литература

1. Ласкин, Р.В. Влияние способов борьбы с сорняками на особенности фотосинтетической активности посевов кукурузы / Р.В. Ласкин // Наука Кубани. – 2011. – № 1. – С. 32–35.
2. Сташкевич, А.В. Вынос элементов питания сорными растениями в посевах кукурузы, возделываемой на зерно / А.В. Сташкевич, С.В. Сорока // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1 (52). – С. 279–386.

Таблица 7 – Экономическая эффективность возделывания кукурузы на силос при использовании различных гербицидов

Препарат, норма расхода (л/га)	Стоимость продукции, руб./га	Затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость 1 т к.ед., руб.
Контроль (без гербицидов)	188,50	1515,71	-1327,21	-87,6	2613,29
Люмакс, 3,5*	3196,70	2245,10	951,60	42,4	228,25
Аденго, 0,35*	3073,20	2200,69	872,51	39,6	232,73
Сулкотрек, 1,9*	3040,38	2177,39	862,99	39,6	232,75
Люмакс, 3,5**	3135,93	2242,72	893,20	39,8	232,43
Аденго, 0,35**	3092,38	2205,43	886,94	40,2	231,78
Экстракорн, 4,0**	2976,35	2193,63	782,72	35,7	239,53
Примэстра голд TZ, 4,0**	2407,93	2077,64	330,29	15,9	280,42
Камелог, 4,0**	2215,20	2060,68	154,52	7,5	302,33
Дублон, 1,0 + Эгида, 0,2 + ПАВ Адыо, 0,2**	3029,00	2134,61	894,39	41,9	229,04
Майстер пауэр, 1,5**	2992,60	2257,78	734,82	32,6	245,20
Сатурн дуо, 1,5**	2872,68	2227,67	645,01	29,0	252,03
Эломис, 1,5**	3121,95	2257,52	864,43	38,3	235,01
Дублон голд, 60 г/га + Бале-рина, 0,3 + ПАВ Адыо, 0,2**	2958,80	2105,76	853,04	40,5	231,30

Примечание. * В фазу 3 листьев кукурузы, ** в фазу 5 листьев кукурузы.

3. *Доронина, О.М.* Влияние степени засоренности на продуктивность яровой пшеницы, кукурузы и подсолнечника / О.М. Доронина // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 289–294.

4. *Кузнецова, С.В.* Сорные растения в посевах кукурузы / С.В. Кузнецова, В.Н. Багрянцева // Земледелие. – 2015. – №6. – С. 44–45.

5. *Колесник, С.* Прополка посевов кукурузы: методы и препараты // С. Колесник, А. Сташкевич // Белорусское сельское хозяйство. – 2019. – №3. – С. 58–60.

6. *Хайрулин, А.Н.* Защита кукурузы – дело доходное / А.Н. Хайрулин // Защита растений и карантин. – 2012. – №4. – С. 14–16.

7. *Демин, Е.А.* Решение проблемы засоренности кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Е.А. Демин, Н.В. Фисунов // АПК России. – 2017. – Т.24. – № 5. – С. 177–181.

8. *Веневцев, В.З.* Применение гербицидов после всходов посевов кукурузы на зерно / В.З. Веневцев, М.Н. Захарова, Л.В. Рожкова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – №4. С. – 55-58.

9. *Dogan, M.N.* Efficacies of Reduced Rates for Weed Control in Maize (*Zea mays* L.) During Critical Period / M.N. Dogan, O. Boz, A. Unay / Journal of Agronomy. – 2005. – № 4(1). – P. 44–48.

10. *Надточаев, Н.Ф.* Возделывание кукурузы на зерно и силос / Н.Ф. Надточаев [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / НАН Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2017. – С. 453–492.

11. *Чебочаков, Е.Я.* Дифференцированное использование приемов биологизации земледелия в различных природных зонах Средней Сибири / Е.Я.Чебочаков, Ю.Ф. Едименчев, А.М. Берзин [и др.] // Земледелие. – 2013. – №6. – С. 6–8.

12. *Сорока, С.В.* Анализ применения средств защиты растений в Республике Беларусь / С.В.Сорока, Е.А. Якимович // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 6. – С. 46–51.

13. *Benvenuti, S.* Weed dynamics in the Mediterranean urban ecosystem: ecology, biodiversity and management/ S. Benvenuti. // WeedRes., 2004 –V.44. – P.341–354.

14. *Проворова, О.Н.* Агрохимические аспекты эффективности применения гербицидов класса сульфонилмочевин при выращивании кукурузы (*Zea mays* L.) на зерно / О.Н. Проворова, В.И. Панасин, Л.М. Григорович // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – № 1. – С. 24–28.

15. *Кузнецова, С.В.* Гербициды для раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы / С.В. Кузнецова, Е.И. Губа // Защита растений и карантин. – 2017. – №7. – С. 48–50.

16. *Корнева, О.Г.* Гербициды для защиты посевов кукурузы от сорной растительности в дельте Волги / О.Г.Корнева, Ш.Б. Байрамбеков, Б.С. Даулетов // Защита растений и карантин. – 2014. – №4. – С. 17–19.

17. Методические указания по проведению полевых опытов с кукурузой / ВНИИ кукурузы. – Днепропетровск, 1980. – 56 с.

18. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / сост.: С.В. Сорока, Т.Н. Лапковская; РУП «Ин-т защиты растений». – Несвиж: МОУП «Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного», 2007. – 58 с.

EFFECTIVENESS OF APPLICATION OF HERBICIDES WITH DIFFERENT SPECTRUM OF ACTIVITY ON MAIZE CROPS

G.N. Kurkina

When cultivating maize on sod-podzolic sandy loam soil with predominance of annual dicotyledonous weeds, the greatest effect is provided by Lumax (3,5 l/ha) and Adengo (0,35 l/ha) applied at the 3-5 leaf stage. Among the preparations containing sulfonylurea and used against perennial weeds, it's reasonable to apply the mixture of Doublon (1,0 l/ha) + Aegis (0,2 l/ha) + Adu surfactant (0,2 l/ha) or Doublon gold (60 g/ha)+ Ballerina (0,3 l/ha)+ Adu surfactant (0,2 l/ha).

УДК 632.954:633[321+16]

БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДА БУНТ, ВР НА КЛЕВЕРЕ ЛУГОВОМ ПОД ПОКРОВОМ ЯЧМЕНЯ

А.А. Боровик, Е.И. Чекель, И.А. Черепок, кандидаты с.-х. наук, Р.Д. Кишко, В.В. Крицкая, научные сотрудники

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

Аннотация. В статье приведены результаты изучения эффективности применения гербицида Бунт, ВР при внесении его в фазу первого – второго тройчатого листа клевера (в фазу куцения ячменя). Установлена его высокая биологическая эффективность при внесении в норме 2-4 л/га, что позволило рекомендовать его на посевах клевера лугового под покровом ячменя.

Введение. Клевер луговой является одной из наиболее распространенных многолетних бобовых культур в Беларуси. Согласно инвентаризации многолетних трав на пашне в 2019 г. площадь, занятая под клевером луговым, составила 172,2 тыс. га. Помимо этого он используется в бобово-злаковых травосмесях, высеваемых как на пашне, так и на луговых угодьях. Как правило, клевер луговой подсеивается под покров яровых зерновых, реже озимых зерновых и однолетних трав на зеленый корм.

Химический метод защиты посевов культурных растений от сорняков на данном этапе развития растениеводства является приоритетным направлением с позиции гарантированного сохранения урожая. Именно этим обусловлен постоянный поиск гербицидов и замена традиционных средств на современные препараты, обладающие повышенной селективностью, хозяйственной эффективностью и низкой токсикологической нагрузкой на объекты окружающей среды [1]. На посевах яровых зерновых с подсевом клевера лугового используются препараты на основе МЦПА-кислоты и бентазона. В наших исследованиях изучался новый препарат на основе бентазона, 480 г/л.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2017-2018 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (рН (в КCl) 6,1, содержание гумуса 2,16 %, P_2O_5 – 240, K_2O – 220 мг на 1 кг почвы). Предшественник – райграс однолетний. Опыты закладывали в четырехкратной повторности. Площадь делянки 24 м². Расположение делянок рендомизированное. Гербицид Бунт, ВР (бентазон, 480 г/л) вносили в фазу первого-второго тройчатого листа клевера лугового и в фазу кущения ячменя. Норма расхода рабочего раствора – 300 л/га. Объектами исследований являлись клевер луговой средне-спелый сорт *Витебчанин*, яровой ячмень сорт *Мустанг*. Норма посева клевера лугового 3 млн шт./га всхожих семян, ярового ячменя – 3,5 млн шт./га. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений вели в течение вегетационного периода. Количественный учет засоренности посевов проводили перед внесением гербицидов и на 30-й день после химической прополки, количественно-весовой – перед уборкой покровной культуры. На закрепленных площадках площадью 0,25 м² определяли численность сорных растений по видам, их сырую вегетативную массу. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [2].

Погодные условия в период исследований существенно различались, способствовали росту и развитию сорных растений, что позволило достаточно объективно изучить влияние гербицидов на рост и развитие сорных растений и формирование урожайности покровной культуры.

В 2017 г. отмечалась поздняя весна с низкими температурами и избыточной влагообеспеченностью в начальный период вегетации. В первой декаде мая в период посев – всходы количество выпавших осадков было выше среднемноголетних значений на фоне пониженной температуры воздуха. За основную часть вегетационного периода (май – август) сумма активных температур была ниже нормы на 1,7 %, количество атмосферных осадков ниже среднемноголетнего уровня на 56,8 мм при крайне неравномерном их выпадении.

В 2018 г. в первой декаде мая в период посев – всходы температура превышала среднееголетние значения на 6,3 % при практически полном отсутствии осадков. Теплым и засушливым был практически весь вегетационный период ячменя. С учетом интенсивного выпадения осадков в июле сумма активных температур за период вегетации ячменя была выше нормы на 10,6 %, а количество атмосферных осадков ниже на 85,4 мм.

Результаты исследований и обсуждение. Учеты засоренности посевов ячменя с подсевом клевера лугового перед обработкой гербицидами показали, что два опытных участка характеризовались различной степенью засоренности по годам исследований. Так, в 2017 г. до применения гербицидов в фазе первого-второго тройчатого листа клевера лугового на 1 м² учетной площадки насчитывалось 107-112 шт. сорняков, в 2018 г. – 151-159 шт./м² сорняков (таблица 1). Сорняки перед обработкой находились в фазе от всходов до формирования двух-трех настоящих листьев.

Доминирующими видами сорняков были: марь белая – 26,0-28,5 шт./м² в 2017 г., 33,0-38,5 шт./м² – в 2018 г. и пастушья сумка – 34,0-38,5 шт./м² и 36,5-39,0 шт./м². В посевах произрастали растения горца шероховатого и ярутки полевой, которые впоследствии в период вегетации погибали. Единичные растения вьюнка полевого (до 0,2 шт./м²) активно развивались в посевах ячменя. Густота растений клевера лугового в фазе первого-второго тройчатого листа перед обработкой гербицидами варьировала в пределах от 98,5-103,5 шт./м² в 2017 г. до 143-148 шт./м² в 2018 г., густота ячменя соответственно 302-323 шт./м² и 281-290 шт./м².

На тридцатый день после обработки гербицидом количество растений подпокровной культуры в 2017 г. составило в вариантах 93,5-97,0 шт./м² или на 4,9-6,6% ниже, в 2018 г. 131-138 шт./м² или на 6,1-8,8 % ниже, чем перед обработкой гербицидами (таблица 2).

Учет количества растений мари белой на ячмене с подсевом клевера лугового на 30-й день после обработки гербицидами по всходам показал, что применение препарата Базагран (бентазон, в.р. 480 г/л) в норме 4 л/га в 2017 г. привело к гибели данного вида на 10,6 %, Бунт (бентазон, в.р. 480 г/л), 2 л/га – на 8,7 %, Бунт (бентазон, в.р. 480 г/л), 4 л/га – на 12,8 %. В 2018 г. соответственно на 52,5 %, 50,8 % и 54,1 %.

Гербицид Бунт (бентазон, в.р. 480 г/л) в изучаемых дозах показал высокую эффективность против пастушьей сумки (74,2-79,0 %) и ромашки непахучей – 70,0-85,4 %). В эталонном варианте (Базагран (бентазон, в.р. 480 г/л) 4 л/га) пастушья сумка и ромашка непахучая погибли на 75,8-76,9 % и 80,0-83,3 % соответственно. Гибель фиалки полевой, звездчатки средней и других сорняков также находилась на уровне 58,3-81,3 % как в эталонном варианте (Базагран (бентазон, в.р. 480 г/л), 4 л/га), так и в варианте с применением гербицида Бунт (бентазон, в.р. 480 г/л). В целом гибель сорняков в вариантах с применением гербицидов колебалась от 56,1 % (Бунт, 2 л/га) до 75,1 % (Бунт, 4 л/га).

К моменту уборки ячменя 9 августа густота травостоев клевера лугового колебалась в пределах 86,0-87,5 шт./м² в 2017 г. и 116-124 шт./м² в 2018 г. Сохранность растений по годам исследований составила 81,1-88,5 %, что харак-

теризует отсутствие отрицательного влияния гербицидов и благоприятные условия развития под покровом ячменя (таблица 3).

Гибель мари белой при обработке препаратами в норме 4 л/га в 2017 г. составила 39,5–42,1 %, в 2018 г. 67,4–69,8 %, при норме 2 л/га – 26,3 % и 65,1 % соответственно. Гибель пастушьей сумки во всех вариантах применения гербицидов за два года исследований была на уровне 80,0–90,3 %. Применение изучаемых препаратов в норме 4 л/га обеспечивало полную гибель фиалки полевой, ромашки непахучей и звездчатки средней. Препарат Бунт с нормой внесения 2 л/га обеспечивал гибель ромашки непахучей на 88,9–91,2 %. В эталонном варианте гибель других сорняков составила 84,0–88,8 %, в вариантах с нормой гербицида Бунт 2 и 4 л/га – 80,0–85,1 и 88,0–92,6 %. В целом за годы исследований гибель сорняков в вариантах с применением гербицидов колебалась от 83,5 % (Бунт, 2 л/га) до 92,9 % (Бунт, 4 л/га).

При проведении весового учета засоренности в посевах к уборке покровной культуры вегетативная масса всех сорных растений в контрольном варианте по годам исследований колебалась в пределах 102–171 г/м². В эталонном варианте и в варианте с Бунт, 4 л/га их масса снизилась относительно контроля на 80,1–84,3 %, в варианте Бунт, 2 л/га – на 72,2–77,5 %.

Основным показателем эффективности изучаемых агроприемов является урожайность возделываемых культур. Установлено, что применение гербицида Бунт, ВР в фазу первого – второго тройчатого листа клевера (фаза кущения ячменя) в нормах 2,0–4,0 л/га обеспечило урожайность зерна 42,6–45,3 ц/га. Прибавка составила в среднем 3,8 и 6,5 ц/га, или 9,8 и 16,8 %. Эталонный гербицид Базагран, ВР (4,0 л/га) обеспечил прибавку урожайности зерна ячменя 5,2 ц/га или 13,4 % (таблица 4).

Выводы

Гербицид Бунт, ВР показал достаточно высокую биологическую эффективность против однолетних двудольных сорняков и может быть рекомендован при возделывании клевера лугового под покровом ярового ячменя на зерно в норме расхода препарата 2,0–4,0 л/га против однолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д и 2М-4Х, в фазу первого – второго тройчатого листа клевера (кущение зерновых).

Литература

1. Спиридонов, Ю.Я. Технология эффективного применения комбинированных гербицидов в посевах озимой пшеницы / Ю.Я. Спиридонов / Земледелие и защита растений. – 2012. – №5. – С.44–50.

2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Таблица 1 – Засоренность клевера лугового перед обработкой посевов гербицидами, шт./м²

Вариант	Клевер луговой, шт./м ²	Марь белая				Вид сорняков				Всего сорняков
		Пастушья сумка	Филалка полевая	Ромашка непахучая	Звездчатка средняя	Другие				
2017 г.										
Контроль (без гербицидов)	102,5	34,0	10,0	13,0	8,0	16,0	107			
Базаран ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га (эталон)	98,5	38,5	8,5	10,5	9,0	14,5	110			
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л) 2 л/га	99,0	24,5	9,5	11,0	10,5	17,0	109			
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га	103,5	27,5	11,0	15,0	8,5	14,5	112			
2018 г.										
Контроль (без гербицидов)	145	34,0	23,0	26,5	14,5	19,0	154			
Базаран ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га (эталон)	148	38,5	24,5	25,0	16,5	17,0	159			
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л) 2 л/га	147	33,0	23,5	25,5	17,0	16,5	155			
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га	143	35,5	22,0	22,5	13,5	18,5	151			

Таблица 2 – Влияние гербицидов на численность клевера лугового и сорняков в посевах через 30 дней после химической прополки, %

Вариант	Клевер луговой, шт./м ²	Вид сорняков				Всего сорняков		
		Марь белая	Пастушья сумка	Фиалка полевая	Ромашка непахучая		Звездчатка средняя	Другие
2017 г.								
Контроль (без гербицидов)*	97,5	23,5	31,0	12,0	10,0	10,5	18,5	106
Базаран ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га (эталон)	93,5	10,6	75,8	66,7	80,0	71,4	75,6	60,4
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л) 2 л/га	94,5	6,4	74,2	58,3	70,0	66,7	73,0	56,1
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га	97,0	12,8	79,0	70,3	85,0	76,2	78,4	63,7
2018 г.								
Контроль (без гербицидов)*	134	30,5	32,5	20,5	24,0	16,0	21,0	145
Базаран ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га (эталон)	135	52,5	76,9	80,5	83,3	81,3	76,2	73,8
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л) 2 л/га	138	50,8	75,4	73,2	79,1	75,0	71,4	70,0
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га	131	54,1	78,5	82,9	85,4	78,1	78,6	75,1

Примечание: * – в контроле (без гербицидов) указана численность сорняков (шт./м²)

Таблица 3 – Влияние гербицидов на численность клевера лугового и сорняков в посевах перед уборкой покровной культуры (ячмень) на зерно через 63-65 дней после химической прополки, %

Вариант	Клевер луговой	Виды сорняков				Всего сорняков		
		Марь белая	Пастушья сумка	Фиалка полевая	Ромашка непахучая		Звездчатка средняя	Другие
2017 г.								
Контроль (без гербицидов)*	88,5	19,0 41	22,5 25	7,5 14	9,0 28	6,5 11	12,5 52	77,0 171
Базатран ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га (эталон)	87,5	42,1 50,4	82,2 89,5	100 100	100 100	100 100	84,0 78,6	92,1 80,1
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л) 2 л/га	86,5	26,3 38,5	80,0 88,4	86,7 88,0	88,9 85,7	100 100	80,0 73,3	88,3 72,2
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л) 4 л/га	86,0	39,5 53,5	82,2 88,5	100 100	100 100	100 100	88,0 79,5	92,9 80,9
2018 г.								
Контроль (без гербицидов)*	118	21,5 25	14,5 13	7,5 6	18,0 21	5,0 8	13,5 29	85,0 102
Базатран ВР (бенгазон, 480 г/л), 4 л/га (эталон)	120	67,4 60,0	87,1 88,5	100 100	100 100	100 100	88,8 82,8	87,1 83,8
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л) 2 л/га	124	65,1 48,0	83,9 84,6	100 100	91,2 90,5	100 100	85,1 79,3	83,5 77,5
Бунт, ВР (бенгазон, 480 г/л) 4 л/га	116	69,8 56,0	90,3 92,3	100 100	100 100	100 100	92,6 86,2	89,4 84,3

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

Таблица 4 – Влияние гербицидов на урожайность зерна ярового ячменя с подсевом клевера лугового

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к контролю	
	2017 г.	2018 г.	среднее	ц/га	%
Контроль (без гербицидов)	41,6	36,0	38,8	-	-
Базагран ВР (бенгтазон, 480 г/л), 4 л/га (эталон)	47,1	40,9	44,0	5,2	13,4
Бунт, ВР (бенгтазон, 480 г/л) 2 л/га	45,7	39,5	42,6	3,8	9,8
Бунт, ВР (бенгтазон, 480 г/л), 4 л/га	48,0	42,6	45,3	6,5	16,8
НСР ₀₅	4,0	3,1			

BIOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE HERBICIDE BUNT, AS APPLIED TO RED CLOVER UNDER BARLEY COVER

A.A. Borovik, E.I. Chekel, I.A. Cherepok, R.D. Kishko, V.V. Kritskaya

The paper deals with the results of the research on the efficiency of the herbicide Bunt, AS applied to red clover at the 1-2 leaf stage (tillering stage). When the herbicide is applied at a dose of 2-4 l/ha, its biological efficiency is established to be high, which makes it possible to recommend it for applying to red clover under barley cover.

РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 632.952:632.488:633.11«321»

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ФУНГИЦИДОВ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В БЕЛАРУСИ, ПРОТИВ ФУЗАРИОЗА КОЛОСА ПШЕНИЦЫ

Ю.К. Шашко, канд. с.-х. наук

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 13.02.2020)*

Рецензент: Власов А.Г., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** Проведен анализ регистрации на территории Республики Беларусь фунгицидов против болезней пшеницы в целом и против фузариоза колоса в частности. Сделан вывод, что на фоне резкого увеличения в 2010-2015 гг. общего количества фунгицидов, количество действующих веществ, высокоэффективных против фузариоза колоса, изменилось незначительно. То есть новые препараты создаются на основе рекомбинации уже известных действующих веществ, к которым существует достаточно высокий риск возникновения резистивности. В этих условиях контроль накопления фузариозной инфекции возможен за счет усиления селекционных работ по созданию высокоустойчивых сортов и использования антирезистивной стратегии подбора и применения фунгицидов.*

Введение. Фузариоз колоса и зерна является одной из самых вредоносных болезней пшеницы. Потери, связанные с поражением данной болезнью, обусловлены как прямым снижением урожая культуры, так и заражением продукции микотоксинами, что делает ее непригодной при использовании на пищевые и кормовые цели. Основным и наиболее экономически и экологически обоснованным методом борьбы с болезнями растений является селекционный, т.е. создание новых высокоустойчивых сортов. Однако в случае с фузариозом колоса и зерна это достаточно сложная задача, поскольку у пшеницы отсутствуют крупные гены устойчивости, а объединение в одном генотипе большого количества мелких генов QTL – это длительный, трудоемкий и не всегда гарантирующий успех процесс. Настоящего прорыва в создании высокоустойчивых к фузариозу сортов пшеницы, возможно, стоит ожидать при использовании методов геной инженерии. В настоящее время в борьбе с этим заболеванием используются фунгицидные обработки растений в фазу цветения культуры.

Целью данной работы является анализ высокоэффективных действующих веществ и перспективы фунгицидной защиты против фузариоза колоса пшеницы.

Материалы и методы. Данные по эффективности действующих веществ фунгицидов взяты из сообщений АНАВ (Совет по развитию сельского хозяйства и садоводства) – независимой организацией, финансируемой фермерами, а также некоторыми другими звеньями цепочки поставок зерна в Великобритании. Результаты 2015–2017 гг. получены из сообщений «Fungicide activity and

performance in wheat» Information Sheet 38 (2015), 48 (2016) и 56 (2017), за 2018 г. – «Fungicide activity and performance in wheat» Fastsheet. Все материалы доступны в сети интернет на сайте организации [1]. Данные о зарегистрированных на пшенице фунгицидах в Республике Беларусь получены из Каталога пестицидов... и Государственного реестра средств защиты [2–7], а также их дополнений 2017–2019 гг. [8–11]. Даты регистрации действующих веществ взяты из базы данных сайта RuPest.ru [12].

Результаты и обсуждение. Начиная с 2000 г. количество фунгицидов, зарегистрированных на пшенице, увеличилось в 3,5 раза, с 23 до 82 в 2019 г. (рисунок). Можно выделить три фазы.

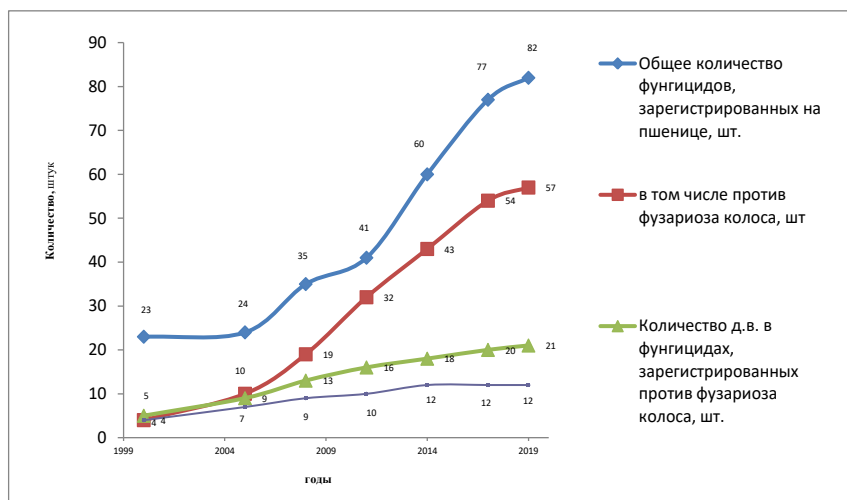


Рисунок – Динамика регистрации фунгицидов, предназначенных для применения на пшенице в Республике Беларусь (2000-2019 гг.)

Для начала анализируемого периода (2000–2005 гг.) характерны низкие темпы регистрации всех фунгицидов и исключение из числа зарегистрированных высокотоксичных фосфорорганических соединений (фосфэтилалюминий). В то же время об активном научном поиске истребительных мер свидетельствуют расширение ассортимента действующих веществ в зарегистрированных фунгицидах с 5 до 9, а также количества фунгицидов, предназначенных для защиты от фузариоза колоса, с 4 до 10.

С 2006 г. по 2017 г. активность регистрации новых фунгицидов возросла с 24 до 77, в том числе против фузариоза колоса – с 10 до 54, количество действующих веществ – с 9 до 20. Рост регистрации фунгицидов в значительной степени был связан с окончанием патентной защиты на многие вещества и появлением большого количества дженерических продуктов. Фирмы, не имеющие своих мощностей по химическому синтезу фунгицидов, стали производить полные копии (по д.в.) оригинальных препаратов, а затем приступили к комби-

нированию в одном препарате действующих веществ, изначально разработанных разными химическими концернами. Так же появились копии оригинальных препаратов с другими препаративными формами.

После 2017 г. наметилась тенденция спада темпов регистрации новых фунгицидов. В четырех «Дополнениях к реестру...» за 2017–2019 гг. зарегистрировано только 5 новых препаратов.

Компании-производители фунгицидов стали уделять фузариозу колоса больше внимания, поскольку в 2000 г. против данного объекта было зарегистрировано только 4 препарата (17,4 % всех фунгицидов, зарегистрированных для применения на посевах пшеницы), а с 2017 г. таких фунгицидов стало более 50 или не менее 70–78 %. При этом, количество действующих веществ в фунгицидах, зарегистрированных против фузариоза колоса, увеличивалось значительно медленнее. Следовательно, рост количества фунгицидов шел как за счет регистрации новых действующих веществ, так и за счет составления смесей из уже известных.

За анализируемый период значительно увеличилось количество химических классов, к которым относятся действующие вещества, а также производители чаще стали выпускать двух- и трехкомпонентные фунгициды. Если в 2000 г. таких препаратов было только 4 (17,4 %), то в 2017 г. их стало 57 (74,0 %). Это связано, в первую очередь, с борьбой производителей с появлением резистентности к отдельным действующим веществам и расширением спектра действия многокомпонентных препаратов.

Список по времени регистрации действующих веществ, внесенных в «Государственный реестр средств защиты...» фунгицидов против фузариоза колоса в Республике Беларусь, начинается с класса триазолов, с 1976 г. перечень пополнился веществами из класса бензимидазолов, с 1980 г. – имидазолов, с 1986 г. – морфолинов, с 1992 г. – стробилуринов, с 2003 г. – ингибиторов сукцинатдегидрогеназы, с 2006 – пиразолов. Спектр зарегистрированных против фузариоза колоса пшеницы действующих веществ, таким образом, ограничен семью классами химических веществ (таблица 1).

В Великобритании, для сравнения, в течение 2015–2018 гг. испытывалась эффективность действующих веществ, относящихся к 15 химическим группам. Ни одно действующее вещество или их смесь не имели максимальную эффективность 5 баллов, что обусловлено биологией патогена и узким по времени окном применения фунгицидов против фузариоза колоса. Аналогичные результаты получены и в других исследованиях [13].

Эффективность на уровне 4 баллов показали протиокназол и его смеси со стробилуринами и отдельными действующими веществами из других классов химических веществ (таблица 2). На уровне 3 баллов эффективны триазолы: тебуконазол и метконазол, а также смесь метконазола с флюксапиросадом. Добавление в смеси к триазолам ингибиторов сукцинатдегидрогеназы (флюксапироксада, биксафена или бензовиндифлопира) не приводит к повышению эффективности.

Таблица 1 – Действующие вещества и год их регистрации на мировом рынке в препаратах, зарегистрированных против фузариоза пшеницы в Беларуси

Класс	Действующее вещество (д.в.)	Год регистрации
Бензимидазолы	Тиофанат-метил	1971
	Карбендазим	1974
Триазолы	Триадимефон	1976
	Триадименол	1978
	Пропиконазол	1980
	Флутриафол	1981
	Тебуконазол	1988
	Ципроконазол	1989
	Дифеноконазол	1989
	Эпоксиконазол	1993
	Метконазол	1994
	Протиоконазол	2002
Имидазолы	Прохлораз	1980
Морфолины	Фенпропидин	1986
	Спироксамин	2004
Стробилурины	Азоксистробин	1992
	Крезоксим-метил	1998
	Пиракlostробин	2000
	Пикоксистробин	2001
SDHI	Пентиопирад	2003
Пиразолы	Бикасафен	2006

Даты регистрации действующих веществ взяты из базы данных сайта RuPest.ru [12]. Данные о зарегистрированных на пшенице фунгицидах в Республике Беларусь получены из источников [2-11]

Таблица 2 – Эффективность фунгицидов против фузариоза колоса пшеницы в Великобритании [1]

Активный ингредиент (д.в.)	Уровень эффективности* по отношению к фузариозу колоса в испытаниях			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Метконазол	3	3	3	3
Протиоконазол	3	3	4	4
Тебуконазол	3	3	3	3
Флюксапироксад + метконазол			3	3
Димоксистробин + эпоксиконазол	3	3	3	3
Флуоксастробин + протиоконазол	3	3	3	3
Бикасафен + протиоконазол	3	3	4	4
Бикасафен + флуопирам + протиоконазол			4	4
Бензовиндифлюпир + протиоконазол				4

** - 5 максимальная эффективность, 1 – минимальная*

Зарегистрированные в Республике Беларусь торговые препараты против фузариоза колоса пшеницы преимущественно содержат триазолы в чистом виде или в смесях со стробилуринами и действующими веществами из других групп химических веществ (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика встречаемости действующих веществ в торговых препаратах, зарегистрированных против фузариоза пшеницы в Беларуси

Класс	Действующее вещество	Динамика встречаемости д.в., разы				
		2000 г.	2005 г.	2011 г.	2017 г.	2019 г.
Бензимидазолы	Тиофанат-метил		1	1	3	3
	Карбендазим			1	1	1
Триазолы	Пропиконазол	3	4	13	16	17
	Тебуконазол	1	4	12	20	21
	Ципроконазол	1	2	6	11	11
	Триадименол	1	1	1	1	1
	Эпоксиконазол		1	3	11	12
	Триадимефон		1	2	3	3
	Флутриафол			4	9	9
	Метконазол			2	2	3
	Протиоконазол			1	2	2
	Дифеноконазол				4	6
Имидазолы	Прохлораз			2	4	4
Морфолины	Спироксамин	1	1	1	1	1
	Фенпропидин				1	1
Стробилурины	Азоксистробин		1	2	7	8
	Пикоксистробин			1	1	1
	Пираклостробин			1	-	-
	Крезоксим-метил					1
SDHI	Пентиопирад				1	1
Пиразолы	Бикафен				1	1
Встречаемость всех д.в.		7	16	53	99	107
в том числе триазолов		6	13	44	79	85

Данные о зарегистрированных на пшенице фунгицидах в Республике Беларусь получены из источников [2-11]

Из триазолов чаще используются тебуконазол, пропиконазол, эпоксиконазол, ципроконазол и дифеноконазол. Механизм действия триазолов основан на прерывании синтеза стеролов в грибах, в результате чего резко тормозится развитие ростовых трубок у патогена. Триазолы относятся к группе G1, то есть к фунгицидам, которые нарушают биосинтез эргостерола в клетках патогена за счет C₁₄ деметилирования. Риск возникновения резистивности – средний. Тем не менее, в последние годы описано множество случаев резистентности грибов р. *Fusarium* к триазолом [15–18].

Три препарата (Альто Супер, КЭ; Тилт, КЭ и Фалькон КЭ) на основе этой группы используются весь период с 2000 г. по 2019 г. Кроме того, тебуконазол и пропиконазол очень часто используется в фунгицидах в чистом виде: пропиконазол – Абсолют, КЭ; Призма 250, КЭ; Тилт, КЭ; Титул 390, ККР; Эхион,

КЭ; тебуконазол – Колосаль, КЭ; Максони, ВЭ; Мистик, КЭ; Ориус, ВЭ; Титаниум 250, ВЭ. Скорее всего, прорыва в борьбе с фузариозом колоса следует ожидать после выявления новых химических классов фунгицидов.

Множественное использование фунгицидов с одним действующим веществом, нарушающим один этап биосинтеза у фитопатогена, может привести к резистентности. Особенно это опасно в случае с тебуконазолом, так как в «Реестре средств защиты растений...» 2017 г. присутствуют 6 протравителей, содержащих только данное вещество (Бункер, ВСК; Раксил, КС; Раксил Ультра, КС; Ранчо, КС; Старт, КС и Тебу 60, МЭ).

В Беларуси отсутствуют фунгициды, зарегистрированные против фузариоза колоса пшеницы, содержащие действующее вещество только из класса производных бензимидазола, но есть регистрация таких фунгицидов против корневых и прикорневых гнилей и мучнистой росы (Понезим, КС и Феразим, КС).

Специалисты всемирной организации «Комитет по изучению резистентности к фунгицидам» FRAC указывают, что производные бензимидазола относятся к группе В1. Эти действующие вещества разрушают цитоскелет и двигательные белки в клетках патогенов за счет нарушения сборки β -тубулина в процессе митоза [14]. Риск возникновения резистивности – высокий, причем возможна перекрестная устойчивость. В Беларуси отсутствуют фунгициды, зарегистрированные против фузариоза колоса пшеницы, содержащие д.в. только из класса производных бензимидазола, однако зарегистрированы такие фунгициды против корневых и прикорневых гнилей и мучнистой росы – Понезим, КС и Феразим, КС.

Для снижения риска возникновения резистентности патогенов к фунгицидам существует несколько общих рекомендаций:

- исключение повторного использования одного препарата в течение одного сезона на одном и том же посеве;
- для предупреждения появления перекрестной устойчивости при чередовании препаратов необходимо подбирать фунгициды с действующим веществом из разных классов или использовать смеси;
- необходимо соблюдать рекомендации производителей, касающихся сроков внесения и норм расхода препаратов.

Заключение

Для защиты посевов пшеницы от фузариоза колоса новых классов высокоэффективных действующих веществ на рынке страны не появляется. Новые препараты создаются на основе рекомбинации уже существующих действующих веществ, к которым существует достаточно высокий риск возникновения резистивности. В настоящее время контроль накопления фузариозной инфекции возможен за счет усиления селекционных работ по созданию высокоустойчивых сортов и использования антирезистивной стратегии подбора и применения фунгицидов.

Литература

1. Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB). Режим доступа : <https://ahdb.org.uk> – Дата доступа : 22.05.2019.
2. Каталог пестицидов, разрешенных для применения в Республике Беларусь на 2000–2010 годы. – Минск : Ураджай, 2000. – 295 с.
3. Каталог пестицидов, разрешенных для применения в Республике Беларусь. – Минск : ООО Инфофорум, 2005. – 416 с.
4. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск : РУП "Издательство Белбланквуд, 2008. – 460 с.
5. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск : Бизнесовсет, 2011. – 544 с.
6. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению в Республике Беларусь. – Минск : ООО Промкомплекс, 2014. – 628 с.
7. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск : Промкомплекс, 2017. – 688 с.
8. Дополнение к Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (постановление от 19 декабря 2017 г.). – Минск, 2017. – 49 с.
9. Дополнение к Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (постановление от 5 апреля 2018 г.). – Минск, 2018. – 36 с.
10. Дополнение к Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (постановление от 22 декабря 2018 г.). – Минск, 2018. – 47 с.
11. Дополнение к Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (постановление от 4 апреля 2019 г.). – Минск, 2019. – 39 с.
12. База данных с описанием действующих веществ пестицидов. – Режим доступа : <http://rupest.ru/ppdb/spisok-pestitsidov-s-opisaniem-po-dv.html> – Дата доступа : 23.05.2019.
13. Bradley, Carl A. Managing Fusarium Head Blight (Scab) of Wheat [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bulletin.ipm.illinois.edu/article.php?id=1467> – Дата доступа: 09.08.2019.
14. FRAC Code List ©2018: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). FRAC, 2018. – 14 p.
15. Characterization of sterol demethylation inhibitor-resistant isolates of *Fusarium asiaticum* and *F. graminearum* collected from wheat in China / Y. Yin [et. al.] // Phytopathology, 2009 May. - 99(5). - P. 487-97. doi: 10.1094/PHYTO-99-5-0487.
16. Sensitivity of *Fusarium culmorum* to triazoles: impact of trichothecene chemotypes, oxidative stress response and genetic diversity. / P. Hellin [et al.]. // Manag Sci, 2017 Jun. - № 73(6). - P. 1244-1252. doi: 10.1002/ps.4450.
17. The adaptation of *Fusarium culmorum* to DMI Fungicides Is Mediated by Major Transcriptome Modifications in Response to Azole Fungicide, Including the Overexpression of a PDR Transporter (FcABC1). / P. Hellin [et al.]. // Front Microbiol., 2018. - № 9. - P. 1385. doi: 10.3389/fmicb.2018.01385.
18. Triazole sensitivity in a contemporary population of *Fusarium graminearum* from New York wheat and competitiveness of a tebuconazole-resistant isolate. / P. Spolti [at al.]. // Plant Dis., - 2014. - № 98. - P. 607-613. doi: 10.1094/PDIS-10-13-1051-RE.

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF FUNGICIDES REGISTERED AGAINST FUSARIUM HEAD BLIGHT

Yu. K. Shashko

The analysis of the registration of fungicides against wheat diseases in general and against Fusarium head blight (FHB) in particular has been carried out. The conclusion made is that at a background of a sharp increase of the total number of fungicides in 2010-2015, the number of active substances, which were highly effective against FHB, changed slightly. Thereby, new preparations are created on the basis of recombination of already known active substances, to which there is a rather high risk of resistance. Under these conditions monitoring of accumulation of Fusarium infection is possible due to the enhancement of breeding works on the development of highly resistant varieties and use of an anti-resistive strategy for selection and application of fungicides.

УДК 633.854.54:632.1/.4(476)

ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИИ В ПОСЕВАХ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ОЦЕНКА ВРЕДОНОСНОСТИ ДОМИНИРУЮЩИХ БОЛЕЗНЕЙ

С.И. Нехведович, Д.В. Войтка, кандидат биол. наук
РУП «Институт защиты растений», аг. Прлуки, Минский р-н
(Поступила 31.03.2020)

Рецензент: Будевич Г.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены многолетние результаты исследований (2013-2019 гг.) фитопатологической ситуации на посевах льна масличного в условиях Республики Беларусь, позволившие выявить доминирующие на различных этапах вегетации культуры болезни. Дана сравнительная характеристика поражаемости сортов болезнями. Выявлено отсутствие сортовой зависимости поражаемости культуры антракнозом. Впервые определена вредоносность антракноза и септориоза и статистически доказано их влияние на снижение показателей урожайности льна масличного.

Введение. В мировом сельскохозяйственном производстве площади льна масличного, являющегося ценной технической культурой многостороннего использования, составляют 2,5–3,2 млн га, а валовый сбор семян достигает 1,9–2,7 млн т. Основными странами, производителями семян льна, являются Индия, Китай, Канада, Аргентина и США. Посевы льна масличного в странах СНГ занимают около 7–10 % общемировых. В общей структуре посевов льна в мире преобладают его масличные формы, занимающие около 84 % всех площадей и только 16 % приходится на долю долгунцовых форм, возделываемых для производства волокна [0]. В Республике Беларусь традиционно выращивают лен-долгунец (прядельный) со средней урожайностью семян около 2–2,5 ц/га, а лен масличный с выходом маслосемян 12,0–14,0 ц/га, возделывается на

незначительной площади (2012 г. – 622 га, 2013 г. – 840 га, 2014 г. – 2500 га, 2015 г. – 1240 га, 2016 г. – 2418 га, 2017 г. – 1747 га, 2018 г. – 1405 га, 2019 г. – 2231 га).

Передовой зарубежный опыт и данные научно-исследовательских учреждений республики показывают, что возделывание льна масличного по сравнению с льном-долгунцом существенно ниже по показателям трудоемкости и менее зависимо от погодных условий. Анализ литературных данных свидетельствует о том, что лен масличный поражают более 15 видов возбудителей болезней в период вегетации растений и при хранении семенного материала, которые снижают урожайность семян на 15-20 %, в отдельные годы при эпифитотийном развитии потери еще выше. По данным С.Г. Цветкова, распространение болезней и интенсивность поражения ими растений льна зависят от условий внешней среды, а также от степени устойчивости сорта [0].

В литературных источниках имеются сообщения по выявлению поражения льна масличного болезнями, но практически все они – из сопредельных с нами стран. Так, В.Т. Пивень (2011) в России в своих исследованиях отмечает, что в течение вегетации лен масличный поражается многими грибными болезнями: фузариозом, полиспорозом, альтернариозом, пасмо, антракнозом, фомозом, серой плесенью, а также бактериозом [0, 14].

Как сообщает В.Т. Пивень и др., в 2007-2009 гг. в ходе обследований фитосанитарного состояния посевов льна масличного выявлено поражение растений фузариозом (возбудитель – *Fusarium avenaceum* Sacc. и *F. oxysporum* v. *orthoceras* f. *lini* (Boll) Bilai), бактериозом (возбудитель – *Bacterium solanacearum* E. F. Sm. и *Clostridium macerans* L.) и альтернариозом (возбудитель – *Alternaria linicola* Grov.), причем в большинстве случаев патогены выделены с одних и тех же растений [0]. Выявлено, что, начиная с фазы всходов, растения льна поражаются фузариозом и бактериозом. Симптомы поражения растений альтернариозом отмечаются, начиная с фазы плодообразования, увеличиваясь к моменту созревания в 2 раза, и достигают 33,0 %. [0, 0].

Что касается Беларуси, то Д.А. Белов (2011) отмечает, что в годы проведения исследований посевы льна масличного были поражены антракнозом и септориозом (пасмо). В начале фазы созревания семян (период ранней жёлтой спелости) распространённость антракноза достигала 40,0 %, а его развитие 32,5 %. Возбудителем септориоза было поражено 35,4 % растений льна при уровне развития болезни 29,0 % [0].

Ряд ученых полагает, что для получения качественного урожая льна масличного необходимо поддерживать надлежащее фитопатологическое состояние посевов [0, 0].

В связи с этим, целью наших исследований была оценка фитопатологической ситуации на посевах льна масличного в условиях Республики Беларусь с выявлением доминирующих болезней и определением их вредоносности.

Материалы и методы исследований. Анализ фитопатологической ситуации, оценку распространенности и развития болезней на посевах районированных сортов и сортообразцов льна масличного осуществляли в ходе маршрутных обследований в 2013–2019 гг. на протяжении всего периода вегета-

ции культуры на опытных участках и производственных посевах республики (РУП «Институт льна» Витебской области, «Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция» Пружанского района и «Дрогичинская льносеменная станция» Дрогичинского района Брестской области, ОАО «Лидлен» Гродненской области, ОАО «Воложинский льнозавод» Минской области и ГСХУ «Горечкая сортоиспытательная станция» Могилевской области).

Учет поражения культуры болезнями в период вегетации проводили в три срока: фаза всходов – «елочка», высота растений льна 4–10 см (ВВСН 10–29) – для выявления антракноза, кальциевого хлороза, фузариоза и крапчатости; бутонизация – цветение (ВВСН 51–69) – для выявления антракноза, кальциевого хлороза, фузариоза, ржавчины, полиспороза, «пасмо» на листьях и стеблях; перед уборкой, желтая спелость льна (ВВСН 81–99) – для выявления антракноза, септориоза (пасмо), ржавчины, аскохитоза, фузариоза и фузариоза по ржавчине. Учеты производили методом пробного снопа (не менее 200 растений) [0, 17].

При проведении анализа пораженности растений болезнями использованы стандартные фитопатологические методики определения распространенности и развития болезней для льна-долгунца. В качестве показателей проявления болезней льна масличного анализировали распространенность, учитывая проявление симптомов на стеблях, листьях, коробочках или на всех органах растений одновременно, а также развитие болезней в процентах или баллах [0–12].

Исследования по оценке вредоносности антракноза и септориоза проводили в 2015–2016 гг. на опытных полях РУП «Институт защиты растений», соблюдая принцип единственного различия (сорт), методом сравнения урожайности. Потери урожайности оценивали, сопоставляя продуктивность здоровых и пораженных растений, а также по физиологическим показателям (сроки наступления и продолжительность фаз развития растений, сопряженность фаз развития растений и болезней на определенных этапах органогенеза). Согласно методике А.Е. Чумакова [16], потери урожайности выражали в единицах массы или процентах на одно растение, 1 м² или 1 га и рассчитывали по формуле 1:

$$B = 100 \times (A - a) : A \quad (1),$$

где B – потери урожайности, %; a – урожайность больных растений, г; A – урожайность здоровых растений, г.

Для определения потери урожайности, приходящейся на единицу поражения (балл, процент), вычисляли коэффициент вредоносности Kв согласно формуле 2:

$$K_b = (100 - Уб) : Б \quad (2),$$

где Уб – урожайность больных растений, % к контролю; Б – степень проявления болезни, балл или %.

Полученные результаты обрабатывали методом дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа [0, 0].

Результаты и обсуждение. В ходе маршрутных обследований в 2013-2019 гг. в посевах льна масличного были выявлены антракноз, фузариоз, септориоз и кальциевый хлороз. На ранних этапах развития льна масличного среди болезней доминировал антракноз (*Colletotrichum lini* Manns et Bolle), который встречался во всех обследованных льносеющих районах повсеместно и ежегодно. Учитывая, что особый вред болезнь наносит в холодные и влажные годы, а такие погодные условия обычно складываются в период сева и всходов льна масличного, данную болезнь вначале обнаруживали в фазе всходов. В основном поражались молодые корни и основание молодого стебля. На них образовывались оранжевые язвы и перетяжки в области корневой шейки, что вызывало пожелтение и гибель всходов. В 2013 г. в фазы всходы – «елочка» распространенность антракноза на льне масличном составила 0,9–43,1 % при развитии болезни 0,9–27,6 %; в 2014 г. – 1,7–43,9 % при развитии 0,4–12,7 %; в 2015 г. – до 21,6 % при развитии до 7,9 % и в 2016 г. – 15,9–79,1 % при развитии 9,6–30,2 %.

Следует отметить, что лен-долгунец поражался в меньшей степени антракнозом, чем лен масличный. В 2013 г. распространенность антракноза на льне-долгунце составила 0,6–29,0 % при развитии болезни 3,8–11,0 %; в 2014 г. – 5,0–35,5 % при развитии 1,1–10,9 %; в 2015 г. – 2,7–11,5 % при развитии до 0,7–1,6 % и в 2016 г. – 7,0–66,7 % при развитии 1,8–18,7 %.

В годы наших исследований кальциевый хлороз проявлялся в основном на начальных этапах развития растений и на льне-долгунце, исключение составил только масличный сорт *Лирина*, обследуемый в 2014 г. в Могилевской области (распространенность болезни – 27,6 % при развитии 12,4 %). Впервые болезнь была отмечена в 2013 г. на сорте *Левит* в Гродненской области, развитие болезни составило 5,8 %. Засушливые условия 2015 г. способствовали проявлению хлороза, который был отмечен на сортах *Грант* (1,8 %), *К-65* (0,6 %), *Левит* (0,7 %), *Ярок* (0,3 %) и *СИ-1* (1,4 %), а в 2016 г. – на сорте *Веста* (13,1–25,5 %).

Наши многолетние исследования и наблюдения за динамикой распространенности и развития антракноза показали, что болезнь характеризуется ежегодным присутствием в посевах льна масличного. В период прохождения культуры фаз бутонизации – цветения максимальное развитие антракноза было отмечено в 2016 г. в Брестской области – до 76,4 %, а в 2017 г. – до 96,6 %.

В период обследования посевов в 2013 г. на сорте *Брестский* в Витебской и Брестской областях было отмечено проявление фузариозного увядания, развитие которого составило 2,0 и 2,9 % соответственно. Сложившиеся погодные условия 2014–2016 гг. в данной фазе развития культуры были неблагоприятными для развития фузариоза.

К уборке льна масличного доминирующей болезнью был септориоз, который отмечен во всех областях и на всех посевах различного сортового состава, при этом распространенность болезни колебалась по годам: в 2013 г. 40,8–90,6 % при развитии 19,4–81,7 %, в 2014 г. 2,0–22,3 % при развитии 1,0–10,3 %, в 2015 г. 6,3–21,2 % при развитии 1,6–10,6 %, в 2016 г. 5,6–100 % при развитии 1,4–87,7 %. В то же время, развитие септориоза на льне-долгунце было меньше

и составило по годам исследования: в 2013 г. 52,8–54,0 %, в 2014 г. до 4,0 %, в 2015 г. до 14,3 % и в 2016 г. 43,6–76,4 %. В целом, 2013 г. и 2016 г. были благоприятными для развития септориоза льна масличного.

Использование устойчивых сортов – один из наиболее эффективных и экологически безопасных методов защиты льна масличного от болезней, однако исследования, проведенные ранее при фитоэкспертизе сортов, показывают, что все проанализированные сорта и сортообразцы восприимчивы к различного рода инфекции [15]. Результаты маршрутного обследования показали высокую устойчивость сортов к фузариозному увяданию. Незначительно поразились антракнозом сорта *Онус* и *Илим*. Кальциевый хлороз был отмечен только в 2015 г. на сорте *Лирина*. В 2013 г., 2014 г. и 2016 г. септориоз получил развитие на всех изучаемых сортах, в то же время, в 2015 г. при депрессивном развитии данной болезни она была отмечена только на сортах *Брестский*, *Лирина* и *Фокус*.

Погодные условия 2017 г. были благоприятными для распространения и развития доминирующих болезней льна. Распространению инфекции на начальных этапах роста растений способствовали заморозки, пониженные температуры почвы, дожди, особенно ливневого характера, а также росы и ветреная погода. Отмечено, что распространенность антракноза на льне масличном в фазы всходы – «елочка» была выше, чем в предыдущие годы, и составила 41,2–96,6 % при развитии болезни 14,7–35,2 %. Следует отметить, что на льне-долгунце антракноз в данной фазе не был обнаружен, но при этом отмечалось сильное распространение кальциевого хлороза (15,0–100 %). Значительное поражение льна антракнозом отмечали и в фазы бутонизации – цветения: на льне масличном распространенность болезни составила от 17,5 до 62,3 %, на льне-долгунце – от 3,7 до 12,5 %. Значительный удельный вес занимал септориоз с доминированием болезни перед уборкой. Распространенность септориоза в посевах льна масличного иногда достигала 100 %, процент развития колебался от 20,2 до 63,6.

Дальнейшие наблюдения за фитосанитарным состоянием посевов льна масличного показали, что в хозяйствах республики в 2018–2019 гг. из-за сложившихся засушливых погодных условий отмечали слабое развитие болезней, однако структура их доминирования осталась на прежнем уровне. В фазах всходы – «елочка» распространенность антракноза в посевах различного сортового состава составляла 0,8–53,1 % при развитии 1,0–37,6 %. Незначительно поражались сорта *Лирина* и *Фокус*, наиболее поражался сорт *Брестский*. В целом недостаток влаги и, как следствие, посев в непрогретую почву, спровоцировал развитие антракноза на всех обследуемых участках. Дальнейший повышенный температурный режим весеннего периода на отдельных полях способствовал развитию кальциевого хлороза (до 4,2 %).

Следует отметить, что в 2018 г. было выявлено поражение посевов мучнистой росой. Максимально повреждались сорта *Илим* и *Онус*, распространенность мучнистой росы составляла 22,3 % при развитии 10,2 % и минимально – сорт *Фокус* (2,0 и 1,0 % соответственно) в Брестской области.

Таким образом, ежегодно сложная фитопатологическая обстановка в посевах льна масличного обуславливает необходимость изучения вредоносности доминирующих болезней и разработке эффективных приемов для контроля их развития.

Специальные исследования по изучению роли сорта льна масличного в развитии болезней, проведенные в условиях опытного поля РУП «Институт защиты растений» в 2015–2017 гг., показали, что в 2015 г. развитие болезней носило умеренный характер, а в 2016–2017 гг. – интенсивный.

В 2015 г. в период всходы – быстрый рост отмечено постепенное нарастание степени поражения посевов сортов антракнозом и торможение прохождения растениями стадий развития, что обусловило умеренное развитие болезни. Интенсивнее поражались сорта *Опус* (14,0–28,1 %) и *Брестский* (13,9–26,7 %), менее – сорт *Лирина* (6,9–8,7 %) (рисунок 1).

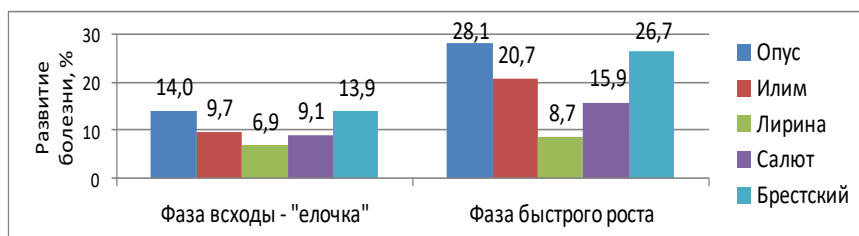
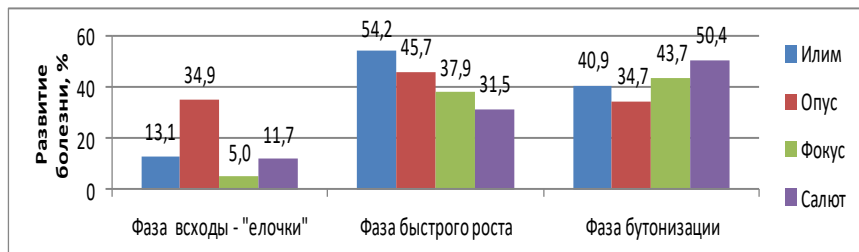


Рисунок 1 – Развитие антракноза в посевах сортов льна масличного в 2015 г. (РУП «Институт защиты растений»)

В 2016 г. погодные условия способствовали развитию антракноза. В период всходы – «елочка» развитие болезни колебалось от 5,0 % на сорте *Фокус* до 34,9 % на сорте *Опус*, в фазе быстрого роста – постепенное нарастание болезни от 31,5 % (сорт *Салют*) до 54,2 % (сорт *Илим*) (рисунок 2).

Рисунок 2 – Развитие антракноза в посевах сортов льна масличного в 2016 г.



(РУП «Институт защиты растений»)

В период прохождения льном масличным фазы бутонизации наблюдали постепенное снижение развития болезни до 50,4 % (сорт *Салют*).

Анализ данных по поражению сортов льна масличного антракнозом показал, что болезнь ежегодно присутствует в посевах; распространенность данной болезни не зависит от сорта, разница заключается в интенсивности поражения и при благоприятных погодных условиях развитие болезни может превышать 50,0 %.

Сложившиеся погодные условия перед уборкой в 2016 г. способствовали развитию септориоза льна, тогда как в 2015 г. болезнь носила депрессивный характер. Наиболее устойчивыми к септориозу были сорта *Опус* и *Илим*, развитие болезни в годы исследований не превысило 1,5 и 2,3 % соответственно (рисунок 3).

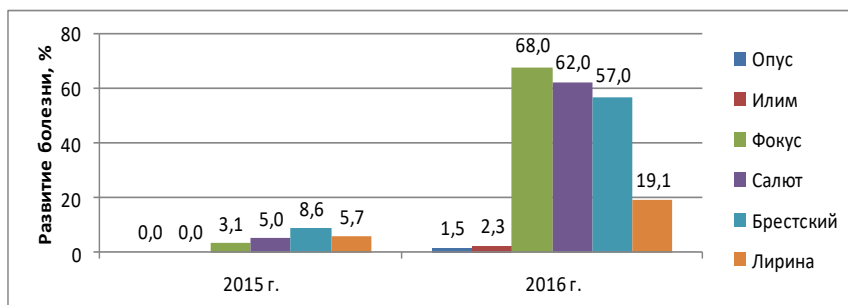


Рисунок 3 – Развитие септориоза в посевах сортов льна масличного перед уборкой в 2015-2016 гг. (РУП «Институт защиты растений»)

Таким образом, анализ фитопатологического состояния посевов льна масличного свидетельствует о значительной пораженности посевов комплексом болезней. Вместе с тем, анализ полученных данных по распространенности, степени поражения и структуре доминирования болезней позволяет выделить как доминирующую болезнь антракноз, а в отдельные годы и септориоз. Не обнаружена сортовая зависимость интенсивности поражения льна масличного антракнозом. В связи с тем, что вредоносность доминирующих болезней льна масличного до настоящего времени мало изучена, нами впервые было определено влияние антракноза и септориоза на продуктивность растений.

Статистической обработкой полученных данных подтверждено, что между показателями структуры урожайности льна масличного и баллом поражения культуры антракнозом наблюдается тесная обратная зависимость ($R = -0,77... - 0,95$). Следовательно, чем выше балл поражения антракнозом, тем ниже урожайность льна масличного, однако в связи с одногодичными данными и депрессивным развитием болезни в 2015 г. разница между некоторыми вариантами опыта (зависимость количества коробочек от поражения антракнозом) была несущественной.

Анализ коэффициентов регрессии показал, что с увеличением развития антракноза на 1 балл масса семян снижается на 26,3 %, количество коробочек на 11,0 %, количество семян в коробочке на 19,6 %, масса 1000 семян на 3,9 %.

Вредоносность антракноза льна масличного проявляется в значительном снижении показателей урожайности: при сильном поражении образуются неполноценные, шуплые семена, часто коробочки совсем не развиваются. Потери различных показателей структуры урожайности составляют от 3,9 до 26,3 %.

Также показана тесная обратная зависимость ($R=-0,79\dots-0,98$) между показателями структуры урожайности льна масличного и баллом поражения культуры септориозом – чем выше балл поражения септориозом, тем ниже урожайность льна масличного. В результате корреляционного анализа установлено, что с увеличением развития септориоза на 1 балл общая длина растения снижается на 1,6 %, количество коробочек – на 7,1 %, количество семян – на 5,1 %, масса семян – на 7,4 %, масса 1000 семян – на 3,6 %.

Таким образом, вредоносность антракноза и септориоза проявляется в значительной степени снижения показателей урожайности льна масличного. Потери различных показателей структуры урожайности от доминирующих болезней составляют от 1,6 до 26,3 %.

Выводы

1. Анализ результатов многолетних исследований 2013–2019 гг. позволил установить, что основной болезнью на начальных этапах вегетирующих растений льна масличного является антракноз. В меньшей степени растения поражались кальциевым хлорозом и фузариозным увяданием. Перед уборкой в годы проведения исследований доминировал септориоз. Анализ полученных результатов показал, что поражаемость льна масличного антракнозом не зависит от сорта. Сорта *Отус* и *Илим* в годы исследований менее поражались септориозом.

Методом биологической статистики подтверждено, что вредоносность антракноза и септориоза проявляется в значительной степени снижения показателей урожайности льна масличного: потери различных показателей структуры урожайности варьируют от 1,6 до 26,3 %.

Полученные результаты обуславливают необходимость разработки мероприятий по защите льна масличного от болезней как на этапе предпосевной обработки семян, так и в период вегетации растений.

Литература

1. Белов, Д.А. Приемы возделывания льна масличного на дерново-подзолистой средне-суглинистой почве в условиях северо-востока Беларуси: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Д.А. Белов; РУП «Институт льна». – Жодино, 2011. – 19 с.
2. Ганущенко, О. Актуальность расширения посевов льна масличного в Беларуси / О. Ганущенко // Веды. – 2011. – № 40 (2352). – С. 4.
3. Цветков, С.Г. Вредители, болезни, сорняки льна и меры борьбы с ними / С.Г. Цветков, Паденов К.П., Неофитова В.К. – Минск: Ураджай, 1978. – 84 с.
4. Кирюшин, Б.Д. Введение в опытное дело и статистическую оценку / Б.Д. Кирюшин // Методика научной агрономии. Часть 1. – М.: МСХА, 2004. – 168 с.
5. Кирюшин, Б.Д. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов / Б.Д. Кирюшин // Методика научной агрономии. Часть 2. – М.: МСХА, 2005. – 200 с.
6. Кудрявцева, Л.П. Эффективная защита льна от болезней и вредителей / Л.П. Кудрявцева и др. // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 45.

7. Лазарев, А.М. Диагностика бактериоза льна / А.М. Лазарев // Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч. – исслед. ин-т защиты растений (ГНУ ВИЗР), Инновац. центр защиты растений. – Санкт-Петербург: ГНУ ВИЗР, 2011. – 64 с.
8. Лазарев, А.М. Разработка экологически и экономически приемлемых мер защиты льна от возбудителей болезней, вредителей и сорных растений / А.М. Лазарев, Е.В. Коваленко, Н.А. Кудрявцев, Л.А. Зайцева // Вестник защиты растений. – 2016. – № 1 (87). – С. 41-45.
9. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / ГНУ ВНИИМК; РАСХН; под ред.: В.М. Лукомца. – Краснодар, МС-Центр, 2007. – 113 с.
10. Методические указания по оценке устойчивости льна к фузариозному увяданию, антракнозу и пасмо / Белорусский НИИ защиты растений; подгот.: Д.Е. Портянкин. – Минск, 2001. – 24 с.
11. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Институт защиты растений; под ред.: С.Ф. Буга. – Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного. – 2007. – 511 с.
12. Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням / Россельхозакадемия, ВНИИ льна; подгот. Н.И. Лошакова [и др.]. – М., 2000. – 52 с.
13. Пивень, В.Т. Защита льна масличного от вредных организмов в условиях Кубани / В.Т. Пивень, Н.М. Тишков, С.А. Семеренко // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК – 2013. – Вып. 1 (153-154) – С. 135–141.
14. Пивень, В.Т. Снижения вредоносности основных вредителей и болезней льна масличного в условиях центральной зоны Краснодарского края / В.Т. Пивень, С.А. Семеренко, О.А. Сердюк // Агро XXI. – 2011. – № 4-6. – С. 25–27.
15. Цветков, С.Г. Влияние семенной инфекции на качество семян, распространенность и развитие болезней льна / С.Г. Цветков, А.Я. Трафимчик // Лен и конопля. – 1978. – № 2 – С. 23–25.
16. Чумаков, А.Е. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур / А.Е. Чумаков, Т.И. Захарова. – М: Агропромиздат, 1990. – 127 с.
17. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар, [и др.]; под общ. ред. В.А. Щербакова. – Минск: «ФУ Аинформ», 1999. – 288 с.

PHYTOPATHOLOGICAL SITUATION IN OIL FLAX CROPS UNDER THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND EVALUATION OF DOMINATING DISEASES HARMFULNESS

S.I. Nekhvedovich, D.V. Voïtka

The article deals with the long-term results (2013-2019 years) of the research on phytopathological situation in oil flax crops under the conditions of the Republic of Belarus, enabling to identify dominant diseases at various stages of vegetation. A comparative characteristic of variety susceptibility to diseases is presented. The absence of varietal dependence of crop susceptibility to anthracnose has been identified. Harmfulness of anthracnose and Septoria spot has been determined for the first time and their influence on the reduction of oil flax yield has been statistically proven.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ПРОТИВ КОМПЛЕКСА СЕМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

М.Н. Шашко, Г.В. Будевич, канд. биол. наук, **Ю.К. Шашко**, канд. с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 16.03.2020)

Рецензент: Буштевич В.Н., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Приводятся результаты исследований конкурентных взаимоотношений возбудителей семенной инфекции, их влияния на показатели длины coleoptиле и корней проростков яровой пшеницы, а также эффективность протравителей. Показано, что наиболее агрессивным является *Fusarium culmorum*, средне агрессивным – *Bipolaris sorokiniana*, наименее – *Alternaria* sp. Выявлено, что при искусственном заражении яровой пшеницы видами семенной инфекции сильнее ингибируется coleoptиле (до 82,9 %), чем первичная корневая система (до 48,5 %). При взаимодействии более агрессивных и конкурентоспособных видов *F. culmorum* и *B. sorokiniana* их агрессивность снижается. Изученные протравители обладают высокой биологической эффективностью против семенной инфекции и позволяют в значительной степени снять ингибирующий эффект возбудителей инфекции на ростовые характеристики проростков культуры.

Введение. Многолетняя практика проведения фитоэкспертизы в лаборатории иммунитета свидетельствует о том, что семена зерновых культур в различной степени инфицированы возбудителями болезней. Ежегодно в комплексе семенной инфекции выявляются факультативные патогены – грибы родов *Fusarium*, *Bipolaris* и *Alternaria* Ness., которые, распространяясь в агроценозах, вызывают такие вредоносные болезни как фузариозные и гельминтоспориозные корневые гнили, пятнистости листьев и стеблей, болезни колоса. Больше подвержены болезням колоса и зерна яровые зерновые культуры, так как при более поздней уборке они зачастую попадают под обильные августовские осадки, что способствует развитию инфекции. Максимальная зараженность зерновок яровой пшеницы фузариозом, отмеченная нами, составила 83,5 % на селекционном образце урожая 2011 г., альтернариозом – 98,0 % на яровой пшенице сорта *Рассвет* урожая 2005 г. В условиях Беларуси возбудитель гельминтоспориозной корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* Shoemaker. обычно приурочен к зерновкам ячменя, в составе семенной инфекции яровой пшеницы отмечен нами в единичных случаях. Однако в отдельных регионах РФ (Нечерноземная зона, азиатская часть страны) этот патоген часто встречается среди возбудителей корневой гнили, а в лесостепи и степи Сибири становится главным возбудителем данной болезни [1–3]. При этом поражение первичных корней, coleoptиле, зародышевого побега обусловлено передачей возбудителя через семена. В связи с этим, неотъемлемым элементом технологии возделыва-

ния зерновых культур является протравливание семян, что подкреплено отраслевыми регламентами [4].

При фитопатологическом анализе нередки случаи, когда на одном семени выявляется присутствие нескольких видов патогенов. Исследования, проводимые сотрудниками лаборатории иммунитета ранее, показали, что между возбудителями корневых гнилей ярового ячменя *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc., *B. sorokiniana* и грибами рода *Alternaria* складываются преимущественно антагонистические взаимоотношения при совместном заражении первичных корешков и колоса [5].

А.С. Орина с соавторами на основании определения содержания ДНК грибов *Fusarium* и *Alternaria* в зерне овса и загрязнения его микотоксинами выявили наличие симбиоза между данными патогенами [6].

Целью наших исследований было определение влияния патогенов, развивающихся совместно в составе комплекса семенной инфекции яровой пшеницы, на эффективность препаратов для предпосевной обработки семян.

Методика проведения исследований. Для проведения исследований использовали семена яровой пшеницы сорта *Ростань*, выращенные в изолированном боксе фитотронно-тепличного комплекса, где отсутствует движение воздуха и осадки, и, в связи с этим максимально свободные от семенной инфекции, а также чистые культуры *F. culmorum*, *B. sorokiniana* и *Alternaria* sp. Выбор данных видов в качестве объектов исследований объясняется следующим:

F. culmorum – один из наиболее распространенных и вредоносных возбудителей фузариоза колоса в нашей стране и мире в целом, в чистой культуре отличается быстрым ростом и обильным спороношением, что делает его наиболее удобным при проведении лабораторных исследований;

B. sorokiniana в отдельных регионах России – агрессивный патоген зерновки пшеницы [3]. В Беларуси на этой культуре встречается реже, но часто выявляется при фитоэкспертизе семян ячменя, овса, проса, злаковых трав, что делает его потенциально опасным и для посевов пшеницы;

Виды рода *Alternaria* считаются слабопатогенными, но ежегодно присутствуют в комплексе семенной инфекции яровой пшеницы. О вредоносности видов *Alternaria*, их влиянии на посевные характеристики семян, а также качество продовольственного и фуражного зерна злаковых культур в литературе встречаются противоречивые мнения. Ф.Б. Ганнибал, анализируя материалы публикаций и опираясь на результаты собственных исследований, приходит к выводу, что при работе с грибами данного рода очень важна точная идентификация видов. К настоящему времени установлено наличие внутри данного рода токсигенных условно патогенных видов (*A. tenuissima* и др.), а также комплекса видов '*Alternaria infectoria*', которые являются сапротрофами и не синтезируют известные микотоксины [7]. Но установить видовую принадлежность изолятов сложно по причине значительной вариабельности их морфологических и молекулярных признаков. Поэтому в данной работе мы ограничились определением до рода – *Alternaria* sp.

Варианты опыта включали заражение отдельными видами патогенов, а также комплексом из 2-3 видов. Для этого использовали штаммы возбудителей из коллекции чистых культур лаборатории иммунитета.

Чистые культуры патогенов выращивали на питательной среде КГА (картофельно-глюкозный агар), затем готовили инокулюм (в данном случае – споровую суспензию) плотностью не менее 1×10^6 спор/мл. Семена помещали в полиэтиленовые пакеты, заливали суспензией спор так, чтобы они были полностью погружены в инокулюм и выдерживали в термостате при температуре 22-25 °С в течение 16 часов. Затем семена извлекали из пакетов и подсушивали в течение суток при комнатной температуре. В качестве контроля служили семена, выдержанные в стерильной воде в тех же условиях. Далее семена раскладывали в рулоны для проращивания согласно ГОСТ 12044 – 93 [8].

При определении эффективности протравителей подготовленные выше описанным способом семена обрабатывали рабочими растворами изучаемых препаратов, рассчитанных из рекомендованных норм расхода.

На 7-е сутки проводили учеты распространенности и развития болезни, измеряли длину coleoptиле и самого длинного первичного корешка в сантиметрах, рассчитывали биологическую эффективность протравителей.

Результаты исследований. Методы искусственной инокуляции растений патогенными микроорганизмами широко применяются для оценки селекционного материала на устойчивость, определения эффективности средств защиты, а также патогенных свойств возбудителей болезней. Используя ткани растений в качестве питательного субстрата патогены ограничивают ростовые процессы в растительном организме и по уровню их снижения можно судить о степени патогенности того или иного возбудителя. Как видно из таблицы 1, почти во всех вариантах инокуляции наблюдалось статистически достоверное ингибирование длины coleoptиле и корней. Наиболее агрессивным патогеном для проростков яровой пшеницы оказался *F. culmorum* – длина coleoptиле при заражении снизилась на 82,9 %, длина корня – на 48,5 % в сравнении с контролем. В средней степени отреагировала пшеница на инфицирование *B. sorokiniana*, длина coleoptиле и корней сократилась на 34,2 и 16,2 % соответственно. Самым слабым патогеном оказался штамм из рода *Alternaria*, снижение длины первичной корневой системы составило 7,7 %, а coleoptиле – 4,7 %, что было статистически недостоверным.

Агрессивные свойства смешанной инфекции *F. culmorum* и *Alternaria* sp. сохранились на уровне *F. culmorum* в чистом виде, *B. sorokiniana* и *Alternaria* sp. на уровне *B. sorokiniana*, что свидетельствует о слабой конкурентоспособности выбранного штамма *Alternaria*.

Добавление инфекционного начала *B. sorokiniana* к *F. culmorum* привело к снижению агрессивности последнего – длина ростка была на 21,6 % больше, чем при заражении *F. culmorum* в чистом виде. Сходная тенденция наблюдалась и при использовании для заражения споровой суспензии из трех видов возбудителей. Данный факт свидетельствует о наличии конкурентных отношений между *F. culmorum* и *B. sorokiniana* и незначительном влиянии гриба из рода *Alternaria* на течение патологического процесса.

Таблица 1 – Влияние искусственного заражения патогенами на ростовые характеристики яровой пшеницы

Вариант	Длина coleoptile, % к контролю	Длина первичного корешка, % к контролю
Контроль (без заражения)	100,0±0,9	100,0±0,5
<i>F. culmorum</i>	17,1±15,4*	51,5±18,4*
<i>B. sorokiniana</i>	65,8±8,0*	83,8±12,9*
<i>Alternaria</i> sp.	95,3±7,7	92,3±1,7*
<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i>	38,7±12,1*	51,5±6,9*
<i>F. culmorum</i> + <i>Alternaria</i> sp.	18,7±17,9*	55,2±11,6*
<i>B. sorokiniana</i> + <i>Alternaria</i> sp.	77,9±6,9*	87,1±4,7*
<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i> + <i>Alternaria</i> sp.	63,4±9,6*	62,4±7,5*

* - статистически достоверное снижение по отношению к контрольному варианту.

Таким образом, при искусственном заражении яровой пшеницы комплексом видов семенной инфекции в среднем сильнее ингибируется coleoptile, чем первичная корневая система. Степень ингибирования ростовых характеристик зависит от сочетания видов возбудителей инфекции. Более агрессивные виды в большей степени угнетают проростки.

Следующим этапом нашей работы было установление биологической эффективности протравителей против отдельных видов изучаемых возбудителей и комплексов патогенов.

Имеются публикации о различной эффективности препаратов против корневых гнилей фузариозной и гельминтоспориозной этиологии, а также против инфекции других видов [9–11].

Для анализа мы выбрали несколько препаратов, зарегистрированных на яровой пшенице против семенной инфекции (твердая головня, корневые гнили, плесневение семян) – Баритон Супер, КС (1,2 л/т), Кинто Дуо, КС (2,5 л/т), Ламадор Про, КС (0,5 л/т), Максим Форте, КС (2,0 л/т) [12]. В состав каждого протравителя входят триазолы (самая большая группа фунгицидов, различающихся по степени активности и спектру действия) в комбинации с действующими веществами из других классов (имидазолы, фенилпироллы, стробилурины и пиридинилэтилбензамиды), что обеспечивает расширение и усиление спектра фунгицидной активности и исключение риска возникновения резистентности.

Искусственное заражение семян позволило добиться значительного уровня пораженности проростков видами возбудителей – распространенность составила 97,0–100,0 %, максимальное развитие болезни отмечено при заражении *F. culmorum* – 82,5 %, при заражении гельминтоспориозом и альтернариозом значительно ниже – 25,0 и 24,2 % соответственно (таблица 2). В контрольном варианте без заражения не обнаружено признаков поражения всех изучаемых болезней.

Все изучаемые препараты проявили очень высокую эффективность против фузариозной семенной инфекции, рассчитанную по распространенности –

Таблица 2 – Распространенность и развитие семенной инфекции и эффективность протравителей против отдельных видов возбудителей при искусственном заражении семян яровой пшеницы

Вариант	<i>F. culmorum</i>		<i>B. sorokiniana</i>		<i>Alternaria</i> sp.	
	Р, %	БЭ, %	Р, %	БЭ, %	Р, %	БЭ, %
Распространенность, %						
Контроль (с заражением)	99,0		100,0		97,0	
Баритон Супер	2,0	98,0	1,0	99,0	13,0	86,6
Кинто Дуо	2,0	98,0	15,0	85,0	8,0	91,8
Ламадор Про	2,0	98,0	14,0	86,0	40,0	58,8
Максим Форте	1,0	99,0	0,0	100,0	12,0	86,6
Развитие семенной инфекции, %						
Контроль (с заражением)	82,5		25,0		24,2	
Баритон Супер	0,5	99,4	0,3	98,8	3,2	86,8
Кинто Дуо	0,5	99,4	3,8	84,8	2,0	91,7
Ламадор Про	0,5	99,4	3,5	86,0	10,0	58,7
Максим Форте	0,3	99,6	0,0	100,0	3,0	87,6

98,0–99,0 %. Баритон Супер и Максим Форте на 99,0 и 100,0 % соответственно подавляли проявление симптомов *B. sorokiniana*, Кинто Дуо и Ламадор Про были чуть менее эффективны против данной болезни. Против альтернариоза наименее эффективен Ламадор Про – распространенность составила 40,0%. Ситуация, аналогичная распространенности, наблюдалась и в отношении показателя «развитие болезни».

Проведение учетов при инокуляции смешанной инфекцией осложнялось тем, что на одном и том же семени наблюдались признаки поражения различными видами патогенов, что нередко происходит при фитопатологическом анализе партий семян, выращенных в полевых условиях. В данном случае рекомендуется учитывать ту болезнь, которая преобладает, а в случае, если все болезни выражены одинаково – наиболее вредоносную [13]. В нашем случае было важно различить эффективность протравителей против каждого вида инфекции при их совместном развитии и поэтому мы учитывали каждую болезнь в отдельности.

В контрольных (зараженных и необработанных протравителями) вариантах, где присутствовал *F. culmorum*, распространенность фузариоза приближались к 100,0 %. Применение протравителей на 98,5–100,0% освободило семена от этой инфекции. В варианте *F. culmorum* + *B. sorokiniana*, фузариоз вследствие наличия конкуренции ограничил распространенность гелиминтоспориоза до 70,0 % в контрольном варианте, и эффективность препаратов была чуть ниже, чем против фузариоза, но оставалась на довольно высоком уровне – 91,4–97,1 %.

Показатель «развитие болезни» у каждого из патогенов в смеси значительно снизился по сравнению с вариантами каждого из них в отдельности и составил у *F. culmorum* 55,8 % и у *B. sorokiniana* – 17,5 % (таблица 3).

Таблица 3 – Развитие семенной инфекции и эффективность протравителей при искусственном заражении семян яровой пшеницы комплексом патогенов

Вариант	<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i>		<i>F. culmorum</i> + <i>Alternaria</i> sp.		<i>B. sorokiniana</i> + <i>Alternaria</i> sp.	<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i> + <i>Alternaria</i> sp.	
	<i>F.c.</i>	<i>B.s.</i>	<i>F.c.</i>	<i>Alt.</i>	<i>B.s.+Alt.</i>	<i>F.c.</i>	<i>B.s.+Alt.</i>
Развитие семенной инфекции, %							
Контроль (с заражением)	55,8	17,5	79,8	7,0	24,8	25,0	22,7
Баритон Супер	0,2	1,5	0,2	3,2	0,0	0,0	0,2
Кинто Дуо	0,0	1,0	1,2	1,8	2,8	0,0	0,8
Ламадор Про	0,2	1,5	0,0	3,5	0,5	0,0	0,2
Максим Форте	0,2	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2
Биологическая эффективность, %							
Баритон Супер	99,6	91,4	99,7	54,3	100,0	100,0	99,1
Кинто Дуо	100,0	94,3	98,5	74,3	88,7	100,0	96,5
Ламадор Про	99,6	91,4	100,0	50,0	98,0	100,0	99,1
Максим Форте	99,6	91,4	100,0	85,7	100,0	100,0	99,1

При совместном заражении фузариозом и альтернариозом, последний в значительной степени подавляется более агрессивным патогеном в варианте без применения средств защиты. Применение протравителей практически полностью устранило инфекцию фузариев, при этом альтернариоз подавлялся в меньшей степени.

В вариантах, где присутствовали одновременно *B. sorokiniana* и *Alternaria* sp., невозможно было разграничить симптомы поражения отдельным видом, проявляющиеся в виде темно-серого либо черного налета мицелия на прорастающем семени, и эффективность протравителей рассчитывали против комплекса этих двух инфекций. Из изучаемых препаратов только Баритон Супер и Максим Форте на 100,0 % подавляли гелиминтоспориозно-альтернариозную инфекцию.

В вариантах, где присутствует смесь наиболее агрессивных патогенов (*F. culmorum* + *B. sorokiniana*), снижение ростовых характеристик яровой пшеницы было статистически достоверным по всем протравителям, т.е. несмотря на высокую эффективность против инфекций фунгициды не полностью нивелировали отрицательный эффект заражения на зерновую культуру (таблица 4). В среднем по всем протравителям, снижение длины coleoptиле составило 27,0 %, длины корней – 12,0 %.

Таблица 4 – Влияние протравителей на ростовые характеристики яровой пшеницы при заражении смешанной инфекцией

Вариант	<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i>		<i>F. culmorum</i> + <i>Alternaria</i> sp.		<i>B. sorokiniana</i> + <i>Alternaria</i> sp.		<i>F. culmorum</i> + <i>B. sorokiniana</i> + <i>Alternaria</i> sp.	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль (без заражения)	100,0±8,0	100,0±3,1	100,0±8,0	100,0±3,1	100,0±4,6	100,0±2,4	100,0±4,6	100,0±2,4
Баритон Супер	75,3±2,4*	85,7±2,4*	92,7±4,3	89,3±1,7*	92,4±7,4	97,1±2,4	89,3±5,1*	95,3±4,3
Кинго Дуо	79,3±5,0*	90,8±1,7*	92,7±5,0	93,9±1,6*	96,9±5,5	93,5±2,5*	95,4±4,8	99,4±1,8
Ламадор Про	68,7±4,9*	88,8±1,7*	81,3±5,7*	91,3±1,7*	77,9±5,9*	96,5±1,8	80,2±5,7*	101,2±1,7
Максим Форте	68,7±4,9*	86,7±2,4*	88,0±5,3	94,4±1,6*	81,7±5,6*	94,1±2,5	83,2±7,3*	96,5±1,8
Среднее, %	73,0	88,0	88,7	92,2	87,2	95,3	87,0	98,1

1 - длина coleoptile, % к контролю;

2 - длина первичного корешка, % к контролю

При смеси высоко- и слабоагрессивного видов (*F. culmorum*+ *Alternaria* sp.) снижение ростовых характеристик наблюдалось в меньшей степени – coleoptile на 11,3 %, корней – на 7,8 %.

Смесь средне- и слабоагрессивного видов (*B. sorokiniana* + *Alternaria* sp.), а также трех видов возбудителей проявила еще меньший ингибирующий эффект.

Все изученные протравители проявили высокую биологическую эффективность против отдельных видов патогенов и их комплексов даже в условиях высокой инфекционной нагрузки при искусственном заражении. Ингибирование ростовых характеристик проростков связано с негативным влиянием микотоксинов, которые выделяются патогенами в момент заражения и являются фактором патогенеза. Протравливание позволяет в значительной степени снять отрицательное влияние заражения семян на начальный рост растения.

Выводы

1. Среди изученных возбудителей семенной инфекции яровой пшеницы наиболее агрессивным является *F. culmorum*, наименее – *Alternaria* sp.

2. Возбудитель семенной инфекции *Alternaria* sp. обладает слабой конкуренцией по отношению к более агрессивным видам. При взаимодействии более агрессивных и конкурентоспособных видов *F. culmorum* и *B. sorokiniana* их агрессивность снижается.

3. При искусственном заражении яровой пшеницы видами семенной инфекции сильнее ингибируется coleoptile (до 82,9 %) чем первичная корневая система (до 48,5 %).

4. Изученные протравители обладают высокой биологической эффективностью против семенной инфекции яровой пшеницы и позволяют в значительной степени снять ингибирующий эффект возбудителей инфекции на ростовые характеристики проростков культуры.

Литература

1. Дмитриев, А.П. Оценка агрессивности видов грибов - возбудителей корневой гнили пшеницы / А.П. Дмитриев [и др.] ; Вестник защиты растений. – 2013. – №4. – С. 43–48.
2. Теплякова, О.И. Пораженность подземных органов яровой пшеницы обыкновенной корневой гнилью / О.И. Теплякова, Н.Г. Власенко // Вестник защиты растений. – 2012. – №3. – С.33–37.
3. Чулкина, В.А. Корневые гнили / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова // Защита и карантин растений. – 2004. – №2. – С. 16-18.
4. 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 : Беларус. Навука, 2012. – 288 с.
5. Будевич, Г.В. Особенности взаимоотношений *Bipolaris sorokiniana* Shoem с патогенами родов *Fusarium* и *Alternaria* на яровом ячмене / Г.В. Будевич, М.В. Кадырова // Вестнi НАН Беларусi. Сер. бял. навук. – 2007. – №1. – С. 49–52.
6. Орина, А.С. Симбиотические взаимоотношения грибов *Fusarium* и *Alternaria*, колонизирующих зерно овса / А.С. Орина, О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, №5. – С. 986–994.
7. Ганнибал, Ф.Б. Альтернатива зерна – современный взгляд на проблему / Ф.Б. Ганнибал // Защита и карантин растений. – 2014. – №6. – С.11–15.
8. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями : ГОСТ 12044-93. – Введ. 01.01.1996. – Минск : Государственный Комитет по стандартизации Республики Беларусь : Белстандарт, 1995. – 87 с.
9. Буга, С.Ф. Особенности действия протравителей на возбудителей болезней семян яровых зерновых культур / С.Ф. Буга // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – №1. – С. 23-25
10. Буга, С.Ф. Роль протравителей в оптимизации фитопатологического состояния посевов яровых зерновых культур и кукурузы / С.Ф. Буга, А.А. Радына, Т.Н. Жердецкая // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – №2. – С. 36–38.
11. Павлова, В.В. Влияние сорта яровой пшеницы на эффективность протравителей против корневых гнилей / В.В. Павлова, Л.Л. Дорофеева, В.А. Кожуховская // Защита и карантин растений. – 2006. – №6. – С. 28–29.
12. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь : справочное издание. – Минск : Промкомплекс, 2017. – 687 с.
13. Леурда, И.Г. Определение качества семян / И.Г. Леурда, Л.В. Бельских. – Москва : Колос, 1974. – 100 с.

BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF PROTECTANTS AGAINST SEED INFECTION OF SPRING WHEAT

M.N. Shashko, G.V. Budevich, Yu.K. Shashko

*The paper deals with the results of the research on competitive relations of seed infection pathogens, their influence on the length of coleoptile and roots of spring wheat seedlings, as well as the effectiveness of protectants. It is shown that the most aggressive is *Fusarium culmorum*, medium aggressive - *Bipolaris sorokiniana*, the least aggressive - *Alternaria* sp. It's established that with artificial inoculation of spring wheat with seed infection, coleoptile is more inhibited (up to 82,9%) than the primary root system (up to 48,5%). When more aggressive and competitive species *F. culmorum* and *B. sorokiniana* interact, their aggressiveness decreases. The studied protectants have high biological effectiveness against seed infection and*

allow removing significantly the inhibitory effect of infection pathogens on growth characteristics of seedlings.

УДК 632.488:633.11 «321»:581.14

ИЗУЧЕНИЕ ВРЕДНОСТИ ФУЗАРИОЗА КОЛОСА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ЗАРАЖЕНИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ

Ю.К. Шапко, кандидат с.-х. наук, **М.Н. Шапко**, **О.В. Мядель**
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 29.04.2020)

Рецензент: Буштевич В.Н., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Фузариоз колоса и зерна является опасным заболеванием зерновых культур. Целью данной работы было определение влияния фузариоза колоса на урожайность и ее элементы в зависимости от фазы развития растений яровой пшеницы. Опыты были заложены в условиях фитотронно-тепличного комплекса. Искусственное заражение проводилось до цветения, в фазу начала цветения и через 6 дней после начала цветения споровой суспензией *Fusarium culmorum*. Фунгицид вносился профилактически за сутки до заражения, или через сутки после заражения. Выявлены различия в протекании патогенеза в зависимости от фазы развития растений на момент заражения – максимальное снижение массы зерна с колоса при заражении в фазу цветения, минимальное через 6 дней после начала цветения. Максимальная эффективность фунгицида проявлялась при профилактическом внесении до начала цветения растений пшеницы.

Введение. Болезни растений являются одним из важнейших факторов, которые снижают урожайность любых полевых культур. С точки зрения экологии и экономики наиболее эффективным способом борьбы с болезнями растений является селекционный метод, т.е. создание новых сортов с повышенной болезнеустойчивостью. При ведении селекционного процесса на повышенную устойчивость целесообразно создание искусственных инфекционных фонов для оценки исходного и селекционного материала. При этом довольно часто возникает вопрос: в какую фазу развития растений-хозяев необходимо проведение искусственного заражения? Фузариоз колоса зерновых культур в последние десятилетия приобретает все большее значение, ряд авторов выводит данное заболевание на третье место по вредности после видов ржавчины и листовых пятнистостей [1]. По литературным данным [2, 3], максимальное заражение фузариозом колоса происходит в фазу цветения. Однако информации о том, как влияет фузариоз колоса на урожайность и ее элементы в зависимости от фазы развития растений, недостаточно. Также подобная информация может быть полезной при разработке стратегии фунгицидной защиты зерновых культур от фузариоза колоса.

Материалы и методы. Чтобы избежать негативного влияния погоды на развитие фузариоза эксперимент был заложен в контролируемых условиях фитотронно-тепличного комплекса (ФТК) РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Семена (по 10 шт.) яровой пшеницы сорта *Ростань* высевали в сосуды объемом 10 л в 4-х кратной повторности. Полив производили по мере подсыхания. Световой режим – 16 часов освещения, 8 – темнота. Для искусственного заражения фузариозом колоса использовалась споровая суспензия *Fusarium culmorum* с концентрацией 10^5 спор/мл. Заражение проводили с помощью пульверизатора. После заражения растения из каждого сосуда укрывали темным полиэтиленовым мешком объемом 30 л для создания влажной камеры. Схема опыта представлена ниже:

1. Контроль, без заражения;
 2. Заражение до цветения;
 3. Заражение в фазу начала цветения;
 4. Заражение через неделю после начала цветения;
 5. Заражение до цветения + фунгицид;
 6. Заражение в фазу начала цветения + фунгицид;
 7. Заражение через неделю после начала цветения + фунгицид;
 8. Фунгицид до цветения + заражение;
 9. Фунгицид в фазу начала цветения + заражение;
 10. Фунгицид через неделю после начала цветения + заражение.
- Фазу растений определяли по наличию у колосьев пыльников (рисунок 1).



Рисунок 1 – Фазы развития колоса яровой пшеницы при проведении заражения фузариозом и обработкой фунгицидом (А – до цветения, Б – начало цветения, В – через 6 дней после начала цветения)

В качестве примера фунгицида был выбран препарат Осирис, КЭ, содержащий 37,5 г/л эпоксиконазола и 27,5 г/л метконазола. Оба действующих вещества относятся к триазолам, механизм действия – профилактическое и лечебное, основанное на блокировке биосинтеза эргостерола в клетках патогенов.

Норма расхода препарата 2,0 л/га, внесение с помощью ручного опрыскивателя. Применение фунгицида различалось в двух блоках вариантов: в 4–7 фунгицид вносили после заражения (через сутки), в вариантах 8–10 – профилактически за сутки до заражения. Для анализа отбирали по 10 колосьев с каждого сосуда равноценными по стадии развития и маркировали пронумерованными этикетками. Дальнейшие учеты поражения фузариозом проводили в динамике, по мере проявления признаков болезни на одних и тех же колосьях.

Уборка и вымолот семян промаркированных колосьев проводились вручную во избежание потери щуплых семян. Фитоэкспертиза зерна закладывалась рулонным методом согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 12044-93 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями».

Результаты и обсуждение. Первые признаки заражения фузариозом колоса проявились через 8 суток в 3, 7 и 10 варианте (заражение проводилось через неделю после фазы начала цветения). В остальных вариантах – на 13 сутки. В контрольном варианте признаков поражения фузариозом отмечено не было.

Если рассматривать варианты без применения фунгицида, максимальное развитие болезни наблюдалось при заражении в фазу начала цветения – 28,8 % (таблица 1), минимальное – при заражении до цветения 12,0 %. При заражении через неделю развитие болезни составило 22,2 %. Подобная закономерность проявилась и в вариантах с применением фунгицида: максимальное развитие (8,2–12,0 %) при заражении в начале цветения и минимальное (0,9–3,6 %) при заражении до цветения.

Таблица 1 – Развитие фузариоза колоса яровой пшеницы в зависимости от фазы развития при проведении искусственного заражения в условиях ФТК

Заражение	Внесение фунгицида	Развитие фузариоза колоса, %	Биологическая эффективность, %
1. Контроль		0,0	
2. До цветения		12,0	
3. В цветение		28,8	
4. Через 6 дней		22,2	
5. До цветения	после заражения	3,6	87,5
6. В цветение	после заражения	8,2	71,5
7. Через 6 дней	после заражения	5,9	79,5
8. До цветения	профилактически	0,9	96,9
9. В цветение	профилактически	12,0	58,9
10. Через 6 дней	профилактически	3,4	88,2

Использование фунгицида в условиях ФТК обеспечило биологическую эффективность в пределах 58,9–96,9 %. Наибольшая эффективность была отмечена при применении препарата до цветения, минимальная – в фазу начала цветения независимо от того, применялся ли фунгицид профилактически, или после заражения.

При заражении до цветения (вариант 2) среднее количество зерен в колосе снижается с 31 до 18,6 шт. или на 40 % (таблица 2), а при заражении в цветение (вариант 3) – до 9,3 или на 70 %. То есть, можно сделать вывод, что поражение цветка пшеницы фузариозом приводит к нарушению образования или абортации завязи, так как заражение через шесть дней после начала цветения (вариант 4), когда завязи уже сформировались, не приводит к значительному снижению среднего количества зерен в колосе (-20,4%).

Таблица 2 – Влияние фузариоза колоса на элементы урожайности яровой пшеницы в зависимости от фазы развития при проведении искусственно заражении в условиях ФТК

Заражение	Внесение фунгицида	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
1. Контроль		31,0	1,57	50,6
2. До цветения		18,6	0,87*	47,3*
3. В цветение		9,3	0,49*	46,5*
4. Через 6 дней		30,4	1,25	38,3*
5. До цветения	после заражения	13,7	0,63*	46,3*
6. В цветение	после заражения	20,2	0,70*	43,4*
7. Через 6 дней	после заражения	31,4	1,26	40,7*
8. До цветения	профилактически	10,4	0,46*	45,3*
9. В цветение	профилактически	6,9	0,34*	45,3*
10. Через 6 дней	профилактически	32,4	1,32	40,9*
НСР ₀₅			0,47	1,2

* - статистически достоверное снижение по отношению к контрольному варианту без искусственного заражения

Данный факт описан в литературе. Известно, что два вещества – холинхлорид и бетаин гидрохлорид – находясь в значительной концентрации в пыльниках, стимулируют рост гиф *F. avenaceum*, *F. culmorum* и *F. graminearum* [5]. Удаление мужских органов из колосьев пшеницы снижает частоту заражения *F. graminearum* [2, 4]. Аналогичным образом, стерильные линии пшеницы менее подвержены фузариозу колоса, чем фертильные линии [6]. Это указывает на то, что именно в цветковых структурах стимулируется рост мицелия *F. graminearum*, что позволяет предположить, что проникновение в пыльники во время прорастания имеет серьезные последствия для зерна вплоть до деградации [7].

К сожалению, анализ результатов показывает, что применение фунгицида Осирис до завязывания зерновок (варианты 5, 6, 8 и 9) при искусственном заражении фузариозом не способствует увеличению озерненности колоса в условиях ФТК.

Фузариоз колоса также приводит к снижению таких показателей, как масса зерна с колоса (в случае с заражением через шесть дней после начала цветения статистически не достоверно) и массы тысячи зерен. Сильнее всего масса зерна с колоса снижается при заражении в фазу начала цветения, так как в этих

вариантах формируется меньше всего зерен в колосе. По массе тысячи зерен худший вариант – с заражением через 6 дней после начала цветения, то есть, заражение фузариозом до и в цветение приводит к значительному снижению количества и массы зерна с колоса, а при заражении через шесть дней после цветения, когда завязи уже образовались, образуется мелкое, легковесное зерно (рисунок 2), но в количестве, равном контрольному незараженному варианту.

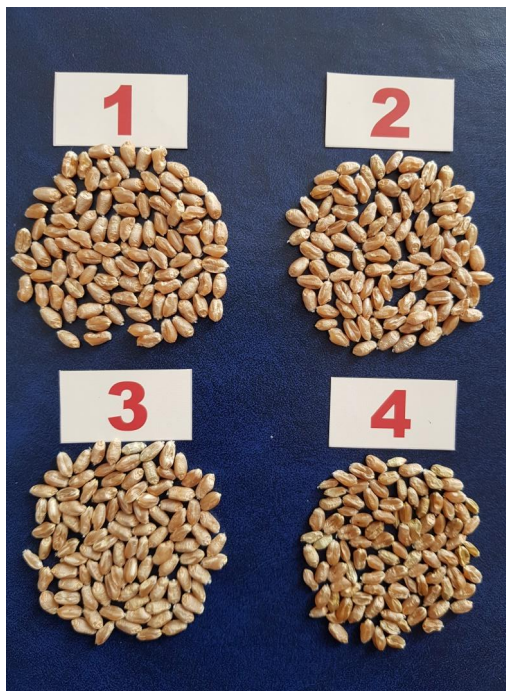


Рисунок 2 – Внешний вид 100 зерен яровой пшеницы в зависимости от фазы, в которую проводилось заражение (цифры соответствуют вариантам опыта)

Фитоэкспертиза выявила наличие только фузариозной семенной инфекции, в контрольном варианте признаков инфекции не обнаружено. Сильное поражение семян отмечено при заражении через 6 дней после начала цветения – 62 % (вариант 4) и заражении в фазе начала цветения – 53 % (вариант 3). При заражении до начала цветения (вариант 2) отмечено только 14 % фузариозных зерен (таблица 3). Низкая лабораторная всхожесть, по-видимому, связана с тем, что фитоэкспертиза проводилась сразу после уборки и семена не прошли надлежащий период покоя. Кроме того, фузариозная инфекция также негативно влияла на всхожесть – коэффициент корреляции между количеством фузариозных погибших зерен и всхожестью равен 0,57 и минимальное количество взошедших зерен отмечено именно в 4 варианте.

Таблица 3 – Результаты фитоэкспертизы семян яровой пшеницы при искусственном заражении фузариозом колоса в условиях ФТК

Заражение	Внесение фунгицида	Лабораторная всхожесть, %	Количество зерен, пораженных фузариозом, %	
			всего	погибших
1. Контроль		63	0	0
2. До цветения		51	14	6
3. В цветение		63	53	10
4. Через 6 дней		42	62	37
5. До цветения	после заражения	52	3	0
6. В цветение	после заражения	55	38	9
7. Через 6 дней	после заражения	58	29	6
8. До цветения	профилактически	57	1	0
9. В цветение	профилактически	73	24	2
10. Через 6 дней	профилактически	52	4	1

При дополнительном рассмотрении погибших от фузариоза семян выявлено, что мицелий патогена распространяется из зародышевой части зерновки (рисунок 3).



Рисунок 3 – Погибшее от фузариоза зерно яровой пшеницы при искусственном заражении в фазу начала цветения (вариант 4)

На основании экспериментальных данных, полученных в контролируемых условиях фитотронно-тепличного комплекса, можно сделать заключение, что существует три сценария развития фузариоза колоса пшеницы в зависимости от фазы развития растений, в которой происходит заражение:

- **заражение до цветения:** внешнее проявление инфекции (развитие фузариоза) минимальное, абортирование завязей в средней степени и, как следствие, масса зерна с колоса средняя, поражение зерна фузариозом - минимальное;
- **заражение в фазе начала цветения:** внешнее проявление максимальное, абортирование очень сильное, но оставшиеся зерна довольно выполненные и крупные, урожай с растения минимальный, семенной инфекции очень много;
- **заражение через 6 дней после фазы начала цветения:** внешнее проявление – в средней степени, завязи не абортируются, но зерна становятся щуплыми и легковесными, а также очень сильно пораженными семенной инфекцией.

Заключение

С точки зрения эпифитотического процесса, оптимальным сценарием для получения качественного зерна является заражение до цветения. Зерна чуть меньше, чем в незараженном варианте, но оно не поражено фузариозом и будет меньше содержать микотоксинов. Вариантом с наибольшими потерями будет с заражением в фазу начала цветения – зерно значительно меньше и оно сильно поражено фузариями. Вариант с заражением после цветения также неудовлетворителен, поскольку зерна будет много, но оно будет щуплым и будет содержать большое количество фузариозных микотоксинов.

Если рассматривать стратегию фунгицидной защиты от фузариоза колоса, то наиболее рациональным будет внесение фунгицидов до цветения культуры, вне зависимости произошло уже заражение или нет. В данном случае происходит минимальное заражение колоса и зерна, и, соответственно, наблюдается максимальная эффективность фунгицида.

Литература

1. Preliminary 2014 Kansas wheat disease loss estimates. / J.A. Appel [et al.] // Kansas cooperative plant disease survey report, 2014. – 3 p.
2. *Strange, R.N.* A fungal growth stimulant in anthers which predisposes wheat to attack by *Fusarium graminearum* / R.N. Strange, H. Smith // *Physiological Plant Pathology*, 1, 1971, P. 141-150.
3. *Lacey, J.* Effects of infection time and moisture on development of ear blight and deoxynivalenol production by *Fusarium* spp. in wheat / J. Lacey, G.L. Bateman, C.J. Mirocha // *Annals of Applied Biology*. – 134, 1999. – P. 277–283.
4. *Andersen, A.L.* The development of *Gibberella zeae* head blight of wheat / A.L. Andersen // *Phytopathology*. – 38, 1948. – P. 595–611.
5. *Strange, R.N.* Effects of choline, betaine and wheat-germ extract on growth of cereal pathogens / R.N. Strange, H. Smith // *Transactions of the British Mycological Society*. – 70(2). – 1978. – P. 193–199.
6. *Matsui, K.* Role of male-sterile cytoplasm in resistance to barley yellow mosaic virus and *Fusarium* head blight in barley / K. Matsui, M. Yoshida, T. Ban, T. Komatsuda, N. Kawada // *Plant Breeding*. – 121. – 2002. – P. 237–240.
7. *Champeil, A.* *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains / A. Champeil, Th. Doré, J.-F. Fourbet // *Plant Science, Elsevier*. – 2004. – 166 (6). – P. 1389–1415.

STUDY OF HARMFULNESS OF SPRING WHEAT FUSARIUM HEAD BLIGHT AT ARTIFICIAL INOCULATION DEPENDING ON THE STAGE OF DEVELOPMENT

Yu.K. Shashko, M.N. Shashko, O.V. Myadel

Fusarium head blight is a dangerous disease of cereals. The goal of this work is to determine the effect of Fusarium head blight on yield and its elements depending on the stage of spring wheat development. The experiments were conducted in the greenhouse. Artificial inoculation was carried out before flowering, at the stage of beginning of flowering and 6 days after beginning of flowering with a spore suspension of Fusarium culmorum. The fungicide was applied prophylactically one day before inoculation or one day after inoculation. Differences in the course of pathogenesis were identified depending on the stage of the plant development at the moment of inoculation: the maximum reduction of ear grain mass at the flowering stage, the minimum - 6 days after beginning of flowering. The maximum effectiveness of the fungicide was manifested with prophylactic application before wheat flowering.

УДК 632.95.02:633.367.2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ СЕМЯН ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

И.Г. Бруй, кандидат с.-х. наук, **О.В. Клочкова**, соискатель
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино
(Поступила 01.04.2020)

Рецензент: Шор В.Ч., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Установлено, что продолжительность защитного действия протравителей семян люпина узколистного в полевых условиях ограничивается фазой стеблевания. Биологическая эффективность препаратов против корневых гнилей высокая в фазу 4–5 листьев – 76,5–92,4 %, в фазу стеблевания снижается до 36,8–86,7 %, в фазу начала бобообразования – до 9,1–30,5 % в зависимости от года исследований. Все препараты в среднем за четыре года обеспечили прибавку урожайности зерна люпина на 2,9–7,4 ц/га.

Для защиты люпина узколистного от семенной и почвенной инфекции в обязательном порядке необходимо проводить протравливание посевного материала. Эффективность протравливания зависит от спектра действия препарата и его фунгицидной активности против видового состава патогенов [3].

Среди наиболее вредоносных болезней отмечают фузариозное увядание – *Fusarium oxysporum* Schl. и фузариозная корневая гниль *Fusarium avenaceum* Gau, серая гниль – *Botrytis cinerea* Pers, бурая пятнистость или цератофороз – *Ceratophorum setosum* Kirch, стеμφилиоз (макроспориоз) – *Stemphyium sarcineaforme* Cav., белая гниль – *Sclerotinia libertiana* Fuch, антракноз, вызываемый грибом *Colletotrichum lupine* var. *lupini* (*Colletotrichum gloeosporioides*

Penz) [2]. На данный момент в Беларуси поля люпина узколистного представлены сортами устойчивыми или среднеустойчивыми к антракнозу. Это улучшает фитосанитарное состояние посевов, но фитотоксичная нагрузка на растение остается, т.к. в посевах присутствуют и другие грибные болезни. При интенсификации возделывания люпина узколистного рекомендуется учитывать как уровень устойчивости сортов и гибридов к болезням, так и инфицированность семенного материала [1]. Доказано, что инфицированность семян тесно взаимосвязана с энергией их прорастания и всхожестью, в дальнейшем это отражается на плотности стеблестоя и величине урожайности люпина узколистного. В задачу исследований входило:

- установить фунгицидную активность протравителей против корневых гнилей в полевых условиях;
- в полевых условиях определить выживаемость и сохраняемость растений люпина узколистного при использовании различных протравителей;
- оценить влияние препаратов для предпосевной обработки семян на формирование показателей структуры урожая и урожайность люпина узколистного.

Методика и условия проведения исследований. Полевые исследования проводили в 2011–2014 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на люпине узколистном сорта *Першацвет*.

Полевую всхожесть семян, выживаемость и сохраняемость растений определяли методом учета растений на закрепленных делянках.

Учет развития болезней корневой системы проводили согласно методическим указаниям проведения регистрационных опытов по изучению средств защиты растений.

Полученные результаты обрабатывали по Доспехову (1979).

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные результаты по годам исследований показали, что полевая всхожесть при использовании разных протравителей отличалась. Так, лучший результат в 2011 г. по полевой всхожести составил 75,4 % при использовании инсектофунгицида Престиж (1,0 л/т), что на 13,0 % больше чем в контроле. При протравливании семян инсектофунгицидом Селест топ в норме 1,5 л/т полевая всхожесть составляла 69,8 %, что выше контроля на 7,4 %. Увеличение нормы расхода препарата Селест топ до 2,0 л/т привело к некоторому снижению полевой всхожести в сравнении с меньшей нормой расхода, однако относительно контроля она оставалась достаточно высокой – 68,0 %. Применение препарата Иншур перформ обеспечило увеличение всхожести семян на 6,1 %.

В 2012 г. лучший результат был получен в контроле (86,5 %). Инсектофунгициды Престиж и Селест топ показали одинаковый результат – 79,9 и 79,7 %, что на 6,6 и 6,8 % меньше, чем в контроле. Протравливание семян люпина препаратом Винцит (2 л/т) привело к снижению полевой всхожести на 26,3 %. В вариантах с применением препарата Иншур перформ (0,4 л/т и 0,5 л/т) полевая всхожесть составила 75,4 и 81,10 % соответственно. Снижение полевой всхожести по всем вариантам опыта в текущем году можно объяснить сильным увлажнением почвы в период посев – фаза 2-х пар листьев. В этих условиях

произошло проявление совместного токсичного действия гербицида и протравителя.

Высокая полевая всхожесть (91,0–99,5 %) отмечена в 2013 г. К незначительному ее снижению привела обработка семян препаратами Селест топ (на 3,8–6,5 %), Иншур перформ (на 1,8–4,6 %) и Винцит (на 7,1 %). В случае использования баковой смеси Максим XL + Пикус полевая всхожесть снизилась на 12,9 %, в то время как в 2014 г. использование инсектицида в баковой смеси Максим XL + Пикус не оказало влияния на рассматриваемый показатель: при всхожести в контроле 89,0 % полевая всхожесть при использовании баковой смеси увеличилась на 3,1 %. В этом же году все изучаемые препараты, за исключением препаратов Винцит и Иншур перформ (0,4 л/т), повысили полевую всхожесть на 2,2–10,7 %.

В результате испытаний в среднем за 4 года установлено, что протравители оказывают влияние на полевую всхожесть семян люпина. Так, в контроле полевая всхожесть составила 84,0 % от высевных семян. Превысило контроль использование препарата Престиж (87,2 %) и баковой смеси Максим XL + Пикус (88,7 %). Существенно ниже контроля была полевая всхожесть при использовании препарата Винцит. Все другие препараты показали результат, близкий к контролю (рисунок 1).

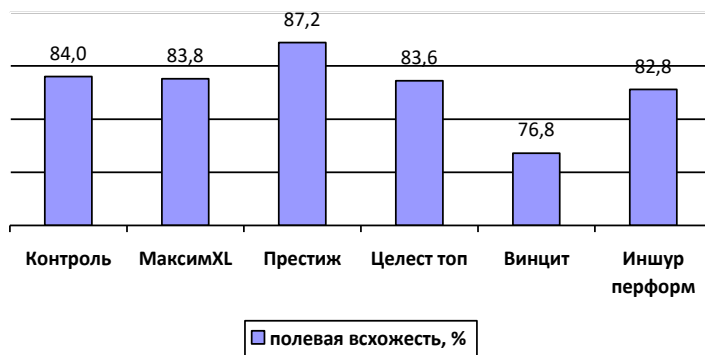


Рисунок 1 – Влияние протравителей на полевую всхожесть узколистного люпина (среднее за 2011-2014 гг.)

Одним из показателей эффективности протравителей является длительность их фунгицидной активности. В течение вегетации проводилась оценка эффективности протравителей против корневых гнилей в динамике. Первый раз развитие корневых гнилей учитывалось в фазу третьей пары настоящих листьев. Полученные результаты показали, что в начальный период роста люпина узколистного в контроле пораженность корневыми гнилями достигла 15 %. Протравитель Максим XL (1,0 л/т) снизил распространенность корневых гнилей до 1,5 % при развитии 1,0 %. Практически на одном уровне наблюдалась распространенность болезней корня при использовании других протравителей.

Высокой биологической эффективностью обладали препараты Селест топ и Винцит – по 89,3 %, а также протравители Престиж и Иншур перформ – 87,2 и 83,9 % соответственно, Максим XL – 80,4 %. Следует отметить, что в условиях 2011 г. семенная инфекция антракноза не проявилась ни в контроле, ни в вариантах с протравливанием семян. К фазе бутонизации отмечены отдельные растения, на которых проявилось наличие антракнозной инфекции в виде маленьких пятен на листьях, однако высокая температура воздуха и недостаток влаги эффективно сдержали дальнейшее развитие и распространенность болезни.

В фазу стеблевания люпина (ст. 33–35 или ВВСН 33–35) биологическая эффективность протравителей значительно снизилась.

В варианте с использованием протравителя Максим XL биологическая эффективность составила 44,6 %, несколько ниже она была в варианте с использованием препарата Винцит (2,0 л/т) – 36,8 %. Среднюю позицию занимали препараты Престиж (1,0 л/т) и Иншур перформ (0,5 л/т) – 50,8 и 54,6 % соответственно.

Трехкомпонентный инсектофунгицид Селест топ (2,0 л/т) значительно превосходил другие препараты, его биологическая эффективность против комплексной инфекции корневых гнилей в полевых условиях составила 73,8 %.

Учеты развития болезней в период вегетации показали динамичное нарастание поражённости корневой системы растений люпина корневыми гнилями. Микроскопирование патогенной флоры на корневой системе в 2011 г. показало присутствие возбудителя неспецифической черной гнили, которая являлась в этом году основным патогеном, вызывающим развитие корневой гнили на люпине узколистном. К цветению действие протравителей прекращалось, а развитие коневых гнилей возрастало. Ярко проявилось также фузариозное увядание и ризоктониоз. Развитие корневых гнилей в контроле и в исследуемых вариантах находилось в пределах 63,8–74,4 %. Биологическая эффективность составляла 6,5–14,5 %, т.е. фактически отсутствовала (рисунок 2).

В 2011 г. сложились благоприятные условия для формирования урожая узколистного люпина. Так, в контрольном варианте, где не проводилось протравливание семян, урожайность зерна составила 25,5 ц/га. Наиболее существенно по этому показателю превысило контроль использование препарата Селест топ в двух нормах расхода – на 12,1 и 14,0 ц/га или на 47,5 и 54,9 %. Следует отметить, что в этом году использование всех изучаемых препаратов показало достоверное превышение урожайности по отношению к контролю (таблица 2).

Оценка эффективности защитных составов с точки зрения их фунгицидной активности в 2012 г. проводилась в период стеблевания люпина (ст. 33–35) (таблица 1). Основным возбудителем болезней корней был фузариоз. Биологическая эффективность препарата против гнили корней Максим XL (1,0 л/т) составила 49,1 %, протравителя Винцит – 66,4 %. Протравители Престиж и Селест топ (1,5 и 2,0 л/т) показали эффективность 72,0, 86,7, и 80,8 % соответственно. Несколько ниже (38,1–55,5 %) была биологическая эффективность протравителя Иншур перформ. Биологическая эффективность против болезней в фазу цветения при применении всех протравителей была на уровне 58–62 %.

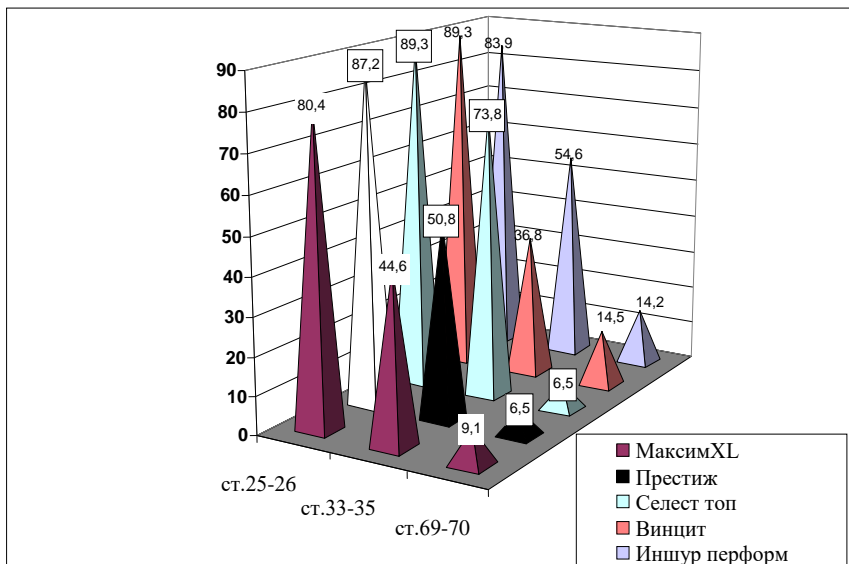


Рисунок 2 – Биологическая эффективность протравителей при возделывании узколистного люпина в динамике, %

Следует отметить, что в условиях 2012 г. семенная инфекция антракноза в посевах люпина узколистного не выявлена.

Таблица 1 – Биологическая эффективность протравителей против корневых гнилей узколистного люпина (ВВСН 33–35)

Протравитель	Норма расхода, л/т	2012 г.		2013 г.	
		Развитие болезни, %	БЭ, %	Развитие болезни, %	БЭ, %
Контроль	-	37,5	-	22,0	-
Максим XL	1,0	19,1	49,1	8,6	61,0
Престиж	1,0	10,5	72,0	9,8	55,5
Селест топ	1,5	5,0	86,7	6,4	70,9
Селест топ	2,0	7,2	80,8	5,3	76,0
Винцит	2,0	12,6	66,4	7,4	66,2
Иншур перформ	0,4	16,7	55,5	7,2	67,4
Иншур перформ	0,5	23,2	38,1	6,5	70,4
Максим XL + Пикус	1,0 + 0,5			7,4	66,2

Достаточно высокая биологическая эффективность протравителей семян обеспечила более высокую выживаемость растений в посевах и, как следствие, рост урожайности люпина в сравнении с абсолютным контролем. В контрольном варианте без применения протравителей урожайность люпина узколистного составила 20,7 ц/га. Все изучаемые препараты обеспечили прибавку урожайности 4,6–8,2 ц/га (таблица 2). Максимальную прибавку обеспечил препа-

рат Винцит (2 л/т) – 8,2 ц/га, вторую позицию занимал инсектофунгицид Селест топ в норме расхода 2,0 л/т – 7,8 ц/га, в норме 1,5 л/т – 7,6 ц/га. Мало уступил по эффективности протравитель Престиж (7,0 ц/га). Препарат Иншур перформ более эффективен в норме 0,4 л/т (5,8 ц/га).

Результаты структурного анализа пробных снопов перед уборкой показали, что большое значение имеет «плотность стеблестоя», по которой все протравители превысили контроль. Максимальные значения имел вариант с применением препарата Селест топ (1,5 и 2,0 л/т) – 17,5 и 19,3 % к контролю, а также Иншур перформ (0,5 л/т) – 17,5 % к контролю. Вариант протравливания семян Селест топ в норме 1,5 л/т имел существенно больше контроля число бобов на м² (на 14,5 %), а в норме 2,0 л/т – массу зерна с одного растения (на 21,2 %). Прибавка урожайности от обработки протравителем Винцит (8,2 ц/га) связана с массой бобов с растения и массой тысячи зерен. Следует отметить, что применение протравителей достоверно повысило массу 1000 зерен по всем препаратам.

Препарат Селест топ в двух нормах расхода обеспечил выживаемость растений на уровне 85,3 и 88,9 %, сохраняемость – 67,0 и 68,0 %. Максимальная выживаемость растений в 2012 г. получена в варианте с применением препарата Винцит.

В 2013 г. положительные температуры и влагообеспеченность обеспечили комфортные условия для прорастания семян по всем вариантам опыта. Отмечено незначительное снижение полевой всхожести семян в варианте с использованием двух протравителей – Максим XL + Пикус.

Интенсивность развития корневых гнилей люпина в 2013 г. была невысокой: в период стеблевания люпина (ст. 33–35) в контроле развитие составило 22,0 %. Основным возбудителем болезней корней был фузариоз. Биологическая эффективность препаратов составила 55,5–76,0 %. Максим XL (1,0 л/т) и смесь Максим XL + Пикус, протравитель Винцит снижали развитие болезней на 61,0 % и 66,2 %. Протравитель Селест топ (1,5 и 2,0 л/т) показал эффективность на уровне 70,9–76,0 %. Не уступал по фунгицидной активности протравитель Винцит и Иншур перформ – 66,2–70,4 %. Наименьшая биологическая эффективность против болезней была у протравителя Престиж – 55,5 %.

Максимальная прибавка урожайности (5,1 ц/га) получена в 2013 г. при применении протравителя Селест топ в норме 2,0 л/т, немного уступил по урожайности этот же препарат с нормой расхода 1,5 л/т – 4,8 ц/га. Прибавка более 4,0 ц/га получена от применения протравителя Престиж и баковой смеси Максим XL + Пикус. Достоверной прибавка урожайности в 2,7 ц/га была от применения препарата Винцит.

Полученная прибавка урожайности от применения протравителей связана с сохранением плотности стеблестоя выше контроля на 7,4–22,1 %, исключая препараты Престиж и Винцит, а также числом бобов на единице площади. Препараты Престиж, Селест топ и Винцит увеличили массу зерна с растения на 16,9; 6,7–12,2 % и 11,0 %, а масса тысячи зерен возросла только от применения препаратов Престиж (+2,6 г) и баковой смеси Максим XL + Пикус (+2,3 г).

Хорошую выживаемость растений в вегетационный период обеспечил препарат Селест топ в норме 1,5 л/т – +11,1 %, 2,0 л/т – 6,1 %, сохраняемость – 6,8 и 3,8 % соответственно. Максимальная выживаемость и сохраняемость растений получена от применения баковой смеси Максим XL + Пикус – 21,1 % и 11,3 % соответственно.

В 2014 г. подтвердились результаты исследований прошлых лет, которые показали, что биологическая эффективность протравителей в течение вегетационного периода изменяется. Высокая степень защиты растений от патогенов корневых гнилей наблюдается в начальный период роста. В этом году биологическая эффективность препаратов в фазу 2-3 пары листьев составляла 76,5–92,4 %. К началу бутонизации люпина снизилась до 48,0–69,0 %, однако оставалась достаточно высокой. В фазу цветения защитные свойства протравителей естественно снизились – их биологическая эффективность составила 20,5–30,5 % (рисунок 3). Следует отметить, что при этом наблюдалось нарастание пораженности растений корневыми гнилями.

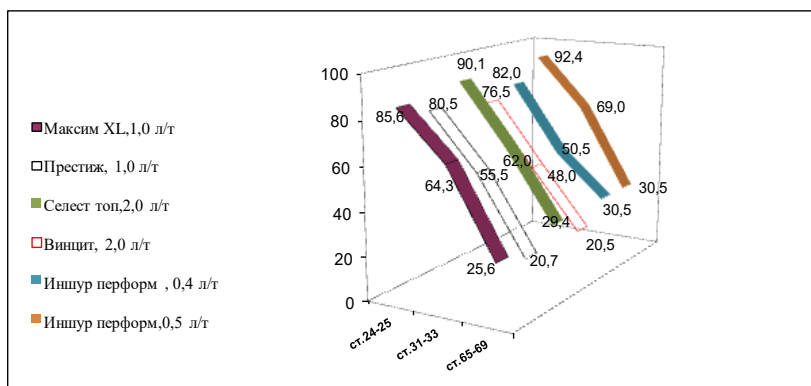


Рисунок 3 – Биологическая эффективность протравителей при возделывании узколистного люпина (2014 г.)

Учеты развития болезней корней в период вегетации показали динамичное нарастание поражённости корневой системы растений люпина корневыми гнилями. К цветению действие протравителей прекращалось, а развитие коневых гнилей возрастало. Ярко проявилось фузариозное увядание и ризоктониоз. Развитие корневых гнилей в контроле и в исследуемых вариантах изменялось в пределах 63,8–74,4 % в фазу цветения.

В течение вегетации больные растения выпадали, и к уборке сохранились продуктивные растения, сформировавшие урожайность люпина узколистного. В 2014 г. урожайность узколистного люпина в контрольном варианте составила 32,4 ц/га и была максимальной во все годы исследований. Превышение контроля при применении протравителей обеспечили препараты Селест топ в нормах 1,5 и 2,0 л/т; Иншур перформ (0,4 л/т) и баковая смесь Максим XL + Пикус.

Анализ структуры урожайности узколистного люпина показывает, что, как и в предыдущие годы, прибавка обеспечена за счет плотности стеблестоя, которая на 1,2–14,6 % была выше контроля. Максимальное значение получено при применении баковой смеси Максим XL + Пикус. Достоверное увеличение массы тысячи зерен на 3,0–12,0 г обеспечили протравители Максим XL, Престиж, Селест топ (2,0 л/т), Винцит, Иншур перформ (0,5 л/т), Максим XL + Пикус.

В 2014 г. наблюдалась самая высокая выживаемость растений среди 4-х лет исследований. В контроле она составила 96,1 %. Не превысили контроль препараты Винцит и Иншур перформ (0,5 л/т). Показатель «сохраняемость» был выше контроля во всех вариантах применения протравителей, максимальный – в случае применения баковой смеси Максим XL + Пикус – 12,5 %, высокий – при использовании препаратов Селест топ Престиж и Иншур перформ.

В среднем за четыре года преимущество по урожайности показали такие протравители как Селест топ (1,5 и 2,0 л/т), прибавка урожайности зерна к контролю составила 7,4 и 7,2 ц/га соответственно. Немногим уступил препарат Иншур перформ (0,4 л/т), получена прибавка 6,2 ц/га. В целом, прибавка урожайности получена от применения всех изучаемых протравителей, которая колебалась от 2,9 до 7,4 ц/га.

Таблица 2 – Влияние протравителей на урожайность зерна люпина узколистного (среднее за 2011–2014 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/т	Урожайность, ц/га					Прибавка к контролю	
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	ц/га	%
Контроль		25,5	20,7	25,3	32,4	25,9		
Максим XL	1,0	28,8	25,8	27,1	33,7	28,8	2,9	11,2
Максим XL + Пикус	1,0+0,5	-	-	29,6	36,5	33,0	4,2	14,4
Престиж	1,0	34,9	27,7	29,5	30,2	30,5	4,6	15,8
Селест топ	1,5	39,5	28,3	30,1	35,5	33,3	7,4	28,6
Селест топ	2,0	37,6	28,5	30,4	36,2	33,1	7,2	27,8
Винцит	2,0	32,8	28,9	28,0	28,3	29,5	3,6	13,9
Иншур перформ	0,4	32,3	26,5	27,7	42,2	32,1	6,2	23,9
Иншур перформ	0,5	29,2	25,3	27,7	29,0	29,0	3,1	12,0
НСР ₀₅		2,7	3,1	2,2	3,0			

Расчет экономической эффективности применения протравителей как технологического приема, показывает, что ее величина изменяется в зависимости от используемого препарата – условно чистый доход по вариантам опыта составил 50,5–126,6 дол./га. Несмотря на самые высокие расходы на обработку семян протравителем Селест топ (25,4–35,0 дол./га), здесь получен самый высокий условно чистый доход – 114,0–126,6 дол./га. На втором месте по рассматриваемому показателю находится вариант протравливания семян препара-

том Иншур перформ в норме расхода 0,4 л/га – 124,2 дол./га при стоимости гектарной обработки всего 2,9 дол. США (таблица 3).

Таблица 3 – Экономическая эффективность применения протравителей при возделывании люпина узколистного, долл. США

Препарат	Норма расхода, л/га	Прибавка урожайности, ц/га	Стоимость дополнительной продукции	Затраты на 1 га			Всего затрат	Условно чистый доход на 1 га
				препарат	обработка	доработка		
Максим XL	1,0	2,9	70,2	8,3	1,2	10,2	19,7	50,5
Максим XL+Пикус	1,0+0,5	4,2	101,6	12,6	1,2	14,7	28,5	73,2
Престиж	1,0	4,6	111,3	7,2	1,2	16,1	24,5	86,8
Селест топ	1,5	7,4	179,1	25,4	1,2	25,9	52,5	126,6
Селест топ	2,0	7,2	174,2	33,8	1,2	25,2	60,2	114,0
Винцит	2,0	3,6	87,1	9,4	1,2	12,6	23,2	63,9
Иншур перформ	0,4	6,2	150,0	2,9	1,2	21,7	25,8	124,2
Иншур перформ	0,5	3,1	75,0	3,7	1,2	10,9	15,7	59,3

Примечание: 1 дол. США = 2,50 руб., стоимость 1 ц зерна 24,2 дол. США, затраты – обработка семян 1,2 дол. США, доработка продукции – 1ц 3,5 дол. США, стоимость препарата за 1 литр в дол. США: Максим XL-41,67, Пикус – 42,5, Престиж – 36,0, Селест топ – 84,58, Винцит – 23,5, Иншур перформ – 36,75 дол. США.

Выводы

1. Полевая всхожесть семян узколистного люпина в среднем за период исследований в контроле составила 84,0 %, по годам исследований – 62,4–98,1 %, максимальная – 2013 г. Средняя величина выше контроля получена при использовании протравителя Престиж (87,2 %) и баковой смеси Максим XL + Пикус (88,7 %), ниже контроля – Винцит (76,8 %). Снижение полевой всхожести от протравителей проявилось по всем годам исследований: Иншур перформ 3 года из 4-х, Селест топ и Винцит – 2 года из 4-х, а повышение у препарата Престиж (3 года), Максим XL, Селест топ, Винцит и Иншур перформ (2 года).

2. Продолжительность защитного действия протравителей в полевых условиях ограничивается фазой стеблевания. Так, биологическая эффективность препаратов против корневых гнилей высокая в 4-5 листьев – 76,5-92,4 %, в фазу стеблелание–бутонизация снижается до 36,8-86,7 %, в фазу начала бобообразования – 9,1–30,5% в зависимости от года исследований.

3. Предпосевная обработка семян протравителями является эффективным приемом. Все препараты в среднем за четыре года обеспечили прибавку уро-

жайности 2,9–7,4 ц/га, причем, уступили контролю (только в 2014 г.) препараты Престиж (1,0 л/т), Винцит (2,0 л/т), Иншур перформ (0,5 л/т). Максимальная урожайность получена в 2014 г. – 42,2 ц/га (Иншур перформ, 0,4 л/т). Стабильно высокую прибавку урожайности показал инсектофунгицид Селест топ в норме 1,5 л/т – 7,4 ц/га и 2,0 л/т – 7,2 ц/га.

4. Полученная прибавка урожайности обеспечена более высокой плотностью стеблестоя (на 3,5–22,1 %), количеством бобов на 1 м² (на 2,2–22,2 %) и увеличением массы тысячи зерен.

5. Затраты на протравливание семян и доработку дополнительной продукции определяются как стоимостью препаратов, так и уровнем урожайности культуры. При затратах от 15,7 до 60,2 дол./га условно чистый доход по вариантам опыта составил 50,5–126,6 дол./га.

Литература

1. Будевич, Г.В. Протравливание семян – эффективная защита посевов от болезней / Г.В. Будевич, Ю.К. Шашко // Наше сельское хозяйство. – № 5. – 2013. – С. 36–39.
2. Иванов, В.Г. Антракноз люпина в Белоруссии / В.Г. Иванов, Д.О. Евсиков // Защита и карантин растений. – №8. – 2001. – С. – 16.
3. Корнейчук, Н.С. Грибные болезни люпина / Н.С. Корнейчук // Киев: «Колобиг», 2010. – 376 с.

EFFECTIVENESS OF SEED TREATMENTS FOR BLUE LUPINE

I.G. Bruj, O.V. Klochkova

It's established that duration of a protective effect of seed treatments for blue lupine in the field is limited by the stem stage. Biological effectiveness of preparations against root rot is high at the 4–5 leaf stage – 76,5–92,4%, at the stem stage it decreases to 36,8–86,7%, at the bean formation stage - to 9,1–30,5 % depending on the year of research. On average all the preparations have provided an increase of lupine yield by 2,9–7,4 dt / ha over four years.

УДК 633.174.1+633.282.(571.63)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ ПРОТИВ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

И.Г. Бруй, канд. с.-х. наук, Г.В. Будевич, канд. биол. наук,

О.В. Клочкова, соискатель

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

(Поступила 01.04.2020)

Рецензент: Крицкий М.Н., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *В статье представлены результаты лабораторного скрининга эффективности протравителей в условиях искусственного заражения семян люпина узколистного антракнозом и фузариозом. Антракноз подавляется препаратами Максим XL, СК (1,0 л/т), Максим XL, СК + Пикус, КС (1,0 + 0,5 л/т), Селест топ, КС (1,5 и 2,0 л/т), Винцит, КС (2,0 л/т), Иншур пер-*

форм, КС (0,4 и 0,5 л/т) на 88,8–100,0 %, препаратом Престиж (1,0 л/т) – на 27,5 %. Против фузариоза эффективность препаратов была ниже – 56,4–68,8 %, кроме протравителя Винцит – 81,3 %. В условиях фитотронно-тепличного комплекса биологическая эффективность препаратов против фузариозного увядания в фазу ВВСН 24–25 составила 37,9–65,5 %, к фазе стеблевания резко снизилась до 0,0–58,1 %.

Многочисленные исследования показывают, что основные болезни, поражающие люпин узколистный на самом раннем этапе развития растения, сохраняются на семенах [1, 2, 3]. Основным методом защиты семян на данный момент от патогенной микрофлоры является химический метод или протравливание. Использование протравителей надежно защищает семенной материал от болезней (фузариоз, антракноз, аскохитоз, серая гниль и плесневение семян) [4]. Наиболее вредоносными болезнями для люпина узколистного является фузариоз [5] и антракноз. По исследованиям специалистов, антракноз, вызываемый грибом *C. Gloeosporioides*, в годы эпифиторийного развития возбудителя болезни, снижает урожайность семян на 83–100 %, а зеленой массы на 69–92 % [6]. Фузариоз распространен во всех агроклиматических зонах Беларуси. В основном проявляется в трех формах:

Фузариозная корневая гниль (Fusarium sp.). На семядолях, корневой шейке, подсемядольном колене, корнях, стебле проявляется темно-коричневыми, красноватыми или черными вдавленными пятнами. Болезнь продвигается по всему стеблю, что становится причиной гибели входов. При высокой влажности на пораженных местах появляется розовый налет спороношения гриба.

Фузариозное увядание (Fusarium oxysporum Schl.) наблюдается в течение всего развития растения. Больные растения имеют бледно-зеленый цвет, увядшие, поникшие листья и легко выдергивающийся стебель. На выдернутом растении в области корней, корневой шейки во влажной почве формируются оранжевые, розовые или белые подушечки, содержащие конидии гриба [5]. *Сухая гниль плодов и семян* чаще всего вызывается *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc., *Fusarium roseum*. На поверхности створок бобов появляется беловатозеленый налет гриба. Зерна приобретают розоватый оттенок, теряют блеск, сморщиваются, могут покрываться таким же налетом, как и на поверхности створок. При сильном поражении семена теряют всхожесть. Своевременное предпосевное протравливание семян и правильно подобранный протравитель позволяют снизить кратность обработок растений по вегетации, а это в свою очередь заметно снижает затраты на защиту посевов. Поэтому по-прежнему необходимо уделять внимание научно обоснованной защите растений от болезней и, прежде всего, протравливанию семян, как наиболее эффективному и оперативному приему [8].

Анализ литературных источников показывает, что информации об эффективности различных протравителей семян люпина узколистного в условиях Беларуси недостаточно [9]. В имеющихся рекомендациях по возделыванию люпина узколистного для протравливания семян рекомендуется ограниченное ко-

личество протравителей. Поэтому в наших опытах изучалась эффективность протравителей против ряда грибных болезней. В задачу исследований входило:

- оценить эффективность протравителей семян против антракнозной и фузариозной инфекции в лабораторных условиях;
- оценить эффективность протравителей семян против фузариозной инфекции в условиях фитотронно-тепличного комплекса;
- установить влияние протравителей на лабораторную и полевую всхожесть, морфологические показатели роста растений и их биомассу;
- установить фунгицидную активность протравителей против корневых гнилей в полевых условиях;
- в полевых условиях выяснить выживаемость и сохраняемость растений люпина узколистного;
- оценить влияние различных препаратов для предпосевной обработки семян на формирование показателей структуры урожая и урожайность люпина узколистного.

Методика и условия проведения исследований. В лабораторных опытах проводился первичный скрининг эффективности протравителей, применяемых для предпосевной обработки семян люпина узколистного сорта *Першацвет*. Для этого опытные партии семян обрабатывали защитным составом, прикрепляли к фильтровальной бумаге, которую сворачивали в виде рулона и ставили в стеклянную емкость, наполненную водопроводной водой (ГОСТ 12044-93). Определение длины корневой системы и надземной части проростков проводили на 10 день по 100 растениям.

Проростки выращивали под люминесцентными лампами при освещенности 7–10 тыс. лк (40-50 Вт/м²) и температуре 20–22 °С в течение 14 суток. Затем рулоны аккуратно разворачивали, чтобы не повредить растения, и делали промеры длины корневой системы всех нормально развитых проростков в рулоне, а также учет развития болезней.

Развитие корневых гнилей и определение массы надземной части растений в ФТК проводили по 50 растениям в четырех повторностях.

Распространенность болезней определяли по количеству пораженных растений в процентах к общему количеству в пробе. Развитие болезни рассчитывали по общепринятой формуле, исходя из использованной шкалы учета для каждого объекта. Распространенность (Р, %) $P = 100n/N$, где n – число больных растений в пробе; N – общее число обследованных растений. Развитие болезни (R, %) $R = 100 \sum(ab) : Nk$, где a – число больных растений; b – соответствующий балл их поражения; N – общее число учтенных растений (больного и здорового); k – число баллов в шкале учета.

В опытах исследовалась возможность применения для обеззараживания семян узколистного люпина протравителей с разными действующими веществами: Пикус (имidakлоприд, 600 г/л), Максим XL (флудиоксонил, 25 г/л + мифеноксам, 10 г/л), Престиж (имidakлоприд, 140 г/л + пенцикурон, 150 г/л), Селест топ (тиаметоксам, 262,5 г/л + дифеноконазол, 25 г/л + флудиоксонил, 25 г/л), Винцит (флутриафол, 25 г/л + тиабендазол, 25 г/л), Иншур перформ (триконазол, 80 г/л + пираклостробин, 40 г/л).

Результаты исследований и их обсуждение. Основное назначение протравителей – обеззараживание семенного материала от патогенной микрофлоры. Для усиления зараженности семена искусственно инокулировали возбудителями антракноза и фузариоза. Затем семена подсушивали и обрабатывали протравителями из расчета рекомендованной нормы расхода.

Данные фитозэкспертизы показали, что в контрольном варианте без обработки химическими препаратами пораженность семян антракнозом составила 40,0 %. Применение препаратов позволило освободить семена от антракнозной инфекции на 27,5–100,0 % (рисунок 1). Недостаточная биологическая эффективность выявлена у препарата Престиж – 27,5 %. Все остальные фунгицидные препараты обладали высокой защитой против этого патогена. Так, биологическая эффективность препаратов Иншур перформ и Селест топ колебалась в пределах 98,8–100,0 % в зависимости от нормы расхода. Протравитель Максим XL защитил семена от инфекции антракноза на 98,8 %, а в смеси с препаратом Пикус на 97,5 %, Винцит – на 88,8 %. Против фузариозной инфекции эффективность этих препаратов была ниже и колебалась в пределах 56,4–81,3 %. Лучшую защиту семян от этой инфекции показал препарат Винцит (2,0 л/т) – 81,3 %. Препарат Селест топ имел равную биологическую эффективность независимо от нормы расхода, как 1,5, так и 2,0 л/т – 68,8 %. Препарат Престиж против фузариозной инфекции более эффективен, чем против антракноза (таблица 1).



Рисунок 1 – Фитозэкспертиза семян люпина узколистного

Параллельно в лабораторных условиях изучено влияние протравителей на линейный рост и массу проростков люпина узколистного. Результаты показали, что инокуляция семян фузариозной инфекцией мало отразилась на линейном росте проростков (0,1 см). По массе проростков разница составила 2,5 г и

Таблица 1 – Эффективность протравителей против антракнозной и фузариозной инфекции в лабораторном опыте (сорт *Перицацвет*)

Вариант	Норма расхода, л/т	Антракноз		Фузариоз	
		поражено семян, %	биологическая эффективность препарата, %	поражено семян, %	биологическая эффективность препарата, %
Контроль		40,0		16,0	
МаксимXL, СК	1,0	0,5	98,8	6,5	59,4
МаксимXL, СК + Пикус, КС	1,0 +0,5	1,0	97,5	6,0	62,5
Селест топ, КС	1,5	0,5	98,8	5,0	68,8
Селест топ, КС	2,0	0,0	100,0	5,0	68,8
Престиж, КС	1,0	29,0	27,5	5,5	65,6
Винцит, КС	2,0	4,5	88,8	3,0	81,3
Иншур перформ, КС	0,4	0,5	98,8	6,9	56,4
Иншур перформ, КС	0,5	0,0	100,0	6,5	59,4

уменьшилась от воздействия фузариозной инфекции. Обработка семян протравителями показала, что механизм действия их значительно различался. Ряд протравителей стимулировал ростовые процессы, а другие их ингибировали. Хорошую стимуляцию проявил препарат Винцит, КС (2 л/т). Под его воздействием линейный рост проростка увеличился на 11,0–11,6 %, а масса возросла на 8,7–21,8 %. Также стимулировали рост и биомассу препараты Максим XL, СК (1,0 л/т) и Селест топ, КС в норме 1,5 л/т, а в норме 2,0 л/т оказал ингибирующее действие на проростки люпина.

Протравитель Иншур перформ, КС при двух нормах расхода ингибировал линейный рост, но масса проростков превысила контроля в норме 0,4 л/т (таблица 2).

Композиционный состав двух протравителей Максим XL, СК + Пикус, КС оказал ингибирующее действие на рост и массу по отношению к контролю 1, сохранил массу проростков на уровне контроля 2.

В условиях ФТК проведены исследования по изучению эффективности протравителей против фузариозной инфекции в динамике. Семена люпина инокулировали возбудителем фузариоза, а затем обрабатывались препаратами для предпосевного протравливания семян.

Учеты всхожести семян, а также пораженности растений увяданием и корневой гнилью, показали неоднозначную реакцию протравителей. Применение препарата Максим XL в норме расхода 1,0 л/т и совместно с инсектицидным протравителем Пикус (0,5 л/т) привело к повышению всхожести семян на 6,7 %, применение протравителей Винцит (2,0 л/т) и Иншур перформ (0,5 л/т) повысило полевую всхожесть на 3,3 % относительно варианта, где семена были инфицированы (контроль). В случае применения протравителей Селест топ (1,5–2,0 л/т), Престиж (1,0 л/т) и Иншур перформ (0,4 л/т) данный показатель находился на уровне контроля – 90,0 %.

В фазу 4–5 листьев люпина (ст. 24–25) число пораженных растений в контроле, где семена были инфицированы грибами рода фузариум, составила 29,0 %. Протравитель Максим XL обеспечил биологическую защиту на 41,4 %. Ниже биологическая эффективность была у препаратов Винцит и Престиж (24,1 %). Более высокую эффективность обеспечили протравители Селест топ (1,5 л/т) – 65,5% и Иншур перформ (0,5 л/т) – 58,6% (таблица 3).

В фазу стеблевания люпина (ст. 31–33), в контроле количество пораженных растений увеличилось до 43,0 %. Биологическая эффективность оставалась невысокой. Лучше сработала композиционная смесь препаратов Максим XL и Пикус – 58,1 %. Следует отметить, что в начальный период вегетации поражённость растений люпина вызывает грибок *Fusarium oxysporum*, который является основной причиной их увядания, накапливается в почве и меньше подвержен химическим препаратам. В более поздний период развивается инфекция возбудителей корневых гнилей *Fusarium avenaceum*, которая развивается медленнее и поражает растения ближе к концу вегетации. Поэтому последний учет в фазу конец цветения – начало бобообразования (ст. 69–70) отражал, в основном, поражённость корневой системы. Наибольшую эффективность против корневой гнили показали протравители Селест топ 74,2–100,0 %; Престиж, Винцит и Иншур перформ – 93,9–98,5 %.

Установлено, что к фазе 4–5 листьев люпина от фузариоза в контроле осталось 71 % растений. При всех видах обработки семян относительно контроля сохранилось растений на 9,9–26,8 % больше в зависимости от протравителя.

К фазе стеблевания люпина гибель растений в контроле составила 59,6 % относительно взошедших семян. В обработанных вариантах гибель составила 32,8–49,8 %, и количество сохранившихся растений было выше контроля на 23,9–78,5 % в зависимости от протравителя, кроме варианта с препаратом Винцит, где погибло 63,3 % растений, т.е. сохранилось растений на 9,4 % меньше в сравнении с контролем (рисунок 2).

К концу цветения (ст. 69–70) в контроле осталось всего 13,8 % растений от посеянных семян. В вариантах применения протравителя Максим XL и Максим XL + Пикус сохраняемость растений люпина составила соответственно 28,6–49,8 %. Обработка семян инсектофунгицидом Селест топ (1,5–2,0 л/т) повысила сохраняемость на 44,8–50,2 %. Несколько выше (53,1 %) данный показатель был в варианте протравливания семян препаратом Винцит. Самый низкий уровень сохраняемости (35,2 %) получен в варианте с использованием инсектофунгицида Престиж, а самый высокий (62,1–65,5 %) при обработке семян фунгицидным протравителем Иншур перформ в норме расхода 0,4–0,5 л/т (таблица 3).

Кроме того, проведено изучение влияния протравителей на высоту растений, длину корневой системы и сырую массу растения в целом. Установлено, что в контролируемых условиях ФТК протравители Максим XL, Селест топ и Престиж не оказывали значимого влияния на рост растений. Однако ингибирующий эффект выявлен у протравителей Иншур перформ, Винцит и компози-

Таблица 2 – Влияние протравителей на длину и массу проростков люпина узколистного в лабораторных опытах (сорт *Перицвет*)

Вариант	Норма расхода, д/т	Длина проростка		Масса проростка	
		см	к контролю 1, %	г	к контролю 1, %
Контроль 1, б/о		18,2		23,1	
Контроль 2 (инокулированные семена)		18,1		20,6*	
Максим XL	1,0	19,1*	105,0	21,2	91,8
Максим XL+ Пикус	1,0+0,5	16,7*	91,8	20,6*	89,2
Селест топ	1,5	18,8	103,3	23,3	100,9
Селест топ	2,0	14,6*	80,2	18,3*	79,2
Престиж	1,0	18,5	101,6	22,7	98,3
Винцит	2,0	20,2*	111,0	25,1	108,7
Иншур перформ	0,4	17,5*	96,2	24,0	103,9
Иншур перформ	0,5	17,3*	95,1	20,9*	90,5
Среднее		17,2		22,0	
НСР ₀₅		0,7		1,6	

* Достоверное отклонение к контролю 1

Таблица 3 – Биологическая эффективность протравителей в фитотронно-тепличном комплексе при искусственном заражении семян люпина фузариозом

Вариант	Норма расхода, л/т	Фаза учета								Сохраняемость, %
		(ст.24-25)		(ст.31-33)		(ст.69-70)		пораженность, %	БЭ, %	
		всхожесть, %	пораженность, %	БЭ, %	пораженность, %	БЭ, %				
Инфицированные семена (контроль)		90,0	29,0		43,0		66,0			13,8
Максим XL	1,0	96,7	17,0	41,4	27,0		56,0		15,2	28,6
Максим XL+ Пикус	1,0+ 0,5	96,7	18,0	37,9	18,0		31,0		53,0	49,8
Селест топ	1,5	90,0	10,0	65,5	40,0		17,0		74,2	44,8
Селест топ	2,0	90,0	12,0	58,6	43,0		0,0		100,0	50,2
Престиж	1,0	90,0	22,0	24,1	53,0		4,0		93,9	35,2
Винцит	2,0	93,3	22,0	24,1	33,0		2,0		97,0	53,1
Иншур перформ	0,4	90,0	15,0	48,3	25,0		1,0		98,5	62,1
Иншур перформ НСР ⁰⁵	0,5	93,3	12,0	58,6	26,0		3,0		95,5	65,5

2,3

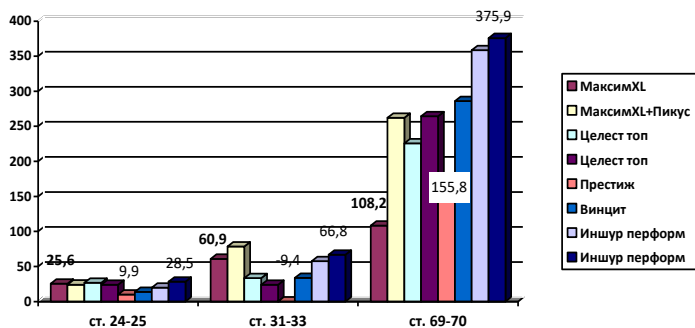


Рисунок 2 – Влияние протравителей на сохраняемость растений относительно контроля, %

ционного состава Максим XL + Пикус. Следует отметить, что в полевых условиях ингибирующего действия этих препаратов не выявлено. Протравитель семян Селест топ в норме расхода 2,0 л/т снижал длину корня на 4,5 %, а в норме расхода 1,5 л/т стимулировал корневую систему на 12,1 %. Препарат Иншур перформ увеличил длину корня независимо от нормы расхода на 9,1–19,7 %, такое же действие оказали препарат Винцит (+4,5 %) и состав Максим XL + Пикус (+6,1 %). Общая сырая масса растения с корнем была выше контроля при использовании протравителей Максим XL на 8,2 %, Селест топ – 5,5–7,9 % и Иншур перформ 11,2–13,6 % (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние протравителей на размер и массу растений люпина узколистного в условиях фитотроно-тепличного комплекса (сорт *Перишцвет*)

Вариант	Норма расхода, л/т	Высота растения		Длина корня		Масса растения	
		см	к контролю, %	см	к контролю, %	г	к контролю, %
Инфицированные семена (контроль)		22,0		6,6		33,0	
Максим XL	1,0	22,8	103,6	6,6	100,0	35,7*	108,2
Максим XL + Пикус	1,0+0,5	20,5	93,2	7,0	106,1	30,3	91,8
Селест топ	1,5	23,4*	106,4	7,4*	112,1	35,6*	107,9
Селест топ	2,0	22,3	101,4	6,3	95,5	34,8*	105,5
Престиж	1,0	22,5	102,3	6,7	101,5	31,2	94,6
Винцит	2,0	20,2	91,8	6,9	104,5	30,5	92,4
Иншур перформ	0,4	16,9*	76,8	7,2*	109,1	37,5*	113,6
Иншур перформ	0,5	15,6*	70,9	7,9*	119,7	36,7*	111,2
НСР ₀₅		1,1		0,5		1,5	

Примечание: * – достоверное отклонение к контролю

Выводы

1. Биологическая эффективность протравителей Максим XL, СК (1,0 л/т), Максим XL, СК+Пикус, КС (1,0 + 0,5 л/т), Селест топ, КС (1,5 и 2,0 л/т), Престиж, КС (1,0 л/т), Винцит, КС (2,0 л/т), Иншур перформ, КС (0,4 и 0,5 л/т) против семенной инфекции люпина узколистного неоднозначна. Антракноз подавляется препаратами на 88,8–100,0 % за исключением протравителя Престиж (биологическая эффективность 27,5 %). Против фузариоза эффективность препаратов ниже – 56,4–68,8 %, кроме протравителя Винцит (81,3 %).

2. На проростки люпина узколистного протравители оказывают стимулирующее или ингибирующее действие. Максимальный стимулирующий эффект показал препарат Винцит, длина проростка по отношению к контролям увеличилась на 11,0 и 11,6 %, масса – на 8,7 и 21,8 %. Масса проростка также возросла под воздействием препаратов Иншур перформ (0,4 л/т), Селест топ (1,5 л/т), Престиж (1,0 л/т) – на 16,5, 13,1 и 10,2% соответственно. Ингибировал длину проростка и его массу препарат Селест топ (2,0 л/т), показатели относительно контроля составили 80,2–80,7 % и 79,2–88,8 % соответственно. Препарат Иншур перформ (0,4 и 0,5 л/т) ингибировал длину, показатели к контролям составили 96,2 и 95,1–95,6 %.

3. В условиях ФТК биологическая эффективность препаратов, против фузариозного увядания в фазу ВВСН 24–25 составила 37,9–65,5 %, максимальная от препарата Селест топ (1,5 л/т), в фазу стеблевания (ВВСН 31–33) резко снизилась до 0,0–58,1 %. К началу бобообразования (ВВСН 69–70) биологическая эффективность препаратов против корневых гнилей преимущественно составляла 74,2–100,0%. Минимальная 15,2 % (Максим XL), максимальная 100,0 % (Селест топ, 2,0 л/т).

4. Протравители в большинстве случаев стимулировали рост корней на 1,5–19,7 %, препарат Селест топ (2,0 л/т) на 4,5 % уменьшил их длину. Увеличение массы (растение + корни) обеспечили препараты Максим XL, Селест топ (1,5 и 2,0 л/т), Иншур перформ (0,4 и 0,5 л/т) – на 8,2, 7,9, 5,5, 13,6, 11,2 % соответственно. Ингибировали накопление массы баковая смесь Максим XL + Пикус и препараты Престиж, Винцит: масса к контролю составила 91,8–94,6 %.

Литература

1. *Гаджиева, Г.И.* Методические указания по определению зараженности семян люпина антракнозом / Г.И. Гаджиева, Н.С. Гутковская. – Минск, 2013. – 19 с.
2. *Дорожкин, Н.* Болезни люпина / Н. Дорожкин, Н. Чекалинская. – Минск, 1965. – 81 с.
3. *Иванюк, В.Г.* Антракноз люпина в Белоруссии / В.Г. Иванюк, Д.О. Евсиков // Защита и карантин растений. – 2001. – №8. – С. 16.
4. *Черненкокая, Н.А.* Влияние системных протравителей на жизнеспособность семян вики посевной и люпина узколистного / Н.А. Черненкокая, В.И. Мурзенков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №1(29). – С. 84–88.
5. *Тарануха, Г.И.* Влияние фузариозного увядания и антракноза на семенную продуктивность узколистного и желтого люпина / Г.И. Тарануха, Г.И. Витко // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – №5(66). – С. 62–65.
6. Защита люпина узколистного от антракноза в условиях Республики Беларусь: http://www.izr.by/doc/rec8_18.pdf (дата обращения: 19.02.2020).

7. Сорока, С.В. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: Рекомендации / НИРУП «БелИЗР»; Под ред. С.В. Сороки. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2003. – Кн. 1. – 248 с.

8. Корнейчук, Н.С. Грибные болезни люпина / Н.С. Корнейчук // Киев: «Колобиг», 2010. – 376 с.

9. Шашко, Ю.К. Создание инфекционных фонов возбудителя антракноза узколистного люпина. Методические рекомендации / Ю.К. Шашко [и др.]. – Жодино, 2014. – 22 с.

COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF PROTECTANTS AGAINST FUNGAL DISEASES OF BLUE LUPINE

I.G. Brui, G.V. Budevich, O.V. Klochkova

The article presents the results of laboratory screening of the effectiveness of protectants under conditions of artificial seed infection with anthracnose and fusarium. Anthracnose is suppressed with the preparations Maxim XL, SK (1,0 l/t), Maxim XL, SK + Pikus, KS (1,0 + 0,5 l/t), Celest top, KS (1,5 and 2,0 l/t), Vincit, KS (2,0 l/t), Insure Perform, KS (0,4 and 0,5 l/t) by 88,8-100,0 %, with the preparation Prestige (1,0 l/t) - by 27,5 %. The effectiveness of the preparations against Fusarium is 56,4-68,8 % lower, except for the Vincit preparation – 81,3 %. Under phytotron conditions biological effectiveness of the preparations against Fusarium wilt disease is 37,9-65,5 % at the 24-25 BBCH stage, and at the stem stage it reduces sharply to 0,0-58,1 %.

УДК 631.521:632:559

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПРЕПАРАТАМИ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЛЬНОТРЕСТЫ

*А.А. Снежинский, аспирант**

РУП «Институт льна»

(Поступила 05.03.2020)

Рецензент: Бudevич Г.В., канд. биол. наук

Аннотация. *В статье изложены результаты влияния препаратов Биолинум, Ж и Витарос, ВСК как отдельно, так и совместно с микроудобрением Экогум разных марок при предпосевной обработке семян с целью повышения урожайности льнотресты. Установлено, что применение защитно-стимулирующего состава, включающего препараты Биолинум, Ж, Витарос, ВСК, микроудобрение Экогум разных марок увеличивало прибавку урожайности льнотресты по отношению к абсолютному контролю до 12 ц/га или 27,6 % и до 4,1 ц/га или 8,0 % по отношению к препарату Витарос, ВСК.*

Введение. Анализ льняной отрасли в Республике Беларусь показывает, что уровень имеющихся технологий по ряду показателей пока еще не позволя-

*работа выполнена под руководством доктора с.-х. наук, профессора, члена-корреспондента НАН Беларуси И.А. Голуба

ет в полной мере реализовать генетический потенциал созданных сортов. Вместе с этим есть возможность создавать экологически высокоэффективные технологии, которые обеспечивают конкурентоспособность белорусской льнопродукции на внутреннем и международном рынках, используя для их разработки свои силы, свою технологическую нишу, а также, опираясь на международное сотрудничество, технологии других стран.

Проблема повышения урожайности льнотресты льна-долгунца, основной и единственной прядильной культуры Беларуси, представляет несомненную практическую значимость. Особую актуальность этот вопрос имеет для сортов, которые возделываются в республике в последние пять лет. Одним из них является сорт *Грант* селекции РУП «Институт льна», который рекомендован Госкомиссией по сортоиспытанию Республики Беларусь для возделывания по всем регионам с 2014 г. В настоящее время он занимает почти половину (46 %) посевных площадей льна-долгунца в республике и имеет относительно высокую устойчивость к болезням в полевых условиях [1].

Существует необходимость оптимизации приемов технологии возделывания существующих сортов. Среди этих приемов наименее затратным и в то же время довольно эффективным является предпосевная обработка семян (протравливание или инкрустация), позволяющая оптимизировать процессы онтогенеза в меняющихся погодных условиях и фитосанитарной ситуации в посевах льна [2].

Проведение качественной предпосевной обработки семян в полном объеме позволит значительно снизить потери урожая. Предпосевная обработка семенного материала современными препаратами и защитно-стимулирующими составами является одним из методов, способных защитить семена, проростки и всходы не только от семенной и почвенной инфекции, но и от ранней аэрогенной инфекции. Инкрустация посевного материала в целях его защиты от болезней и вредителей является одним из наиболее целенаправленных и, следовательно, экономичных и экологичных мероприятий по защите растений.

Особое значение во всех жизненно важных процессах роста и развития растений льна имеют микроэлементы, обеспечивая формирование полноценного урожая, повышая устойчивость к болезням. В почве в доступном для растений состоянии находится незначительная часть микроэлементов. Льносеющие зоны республики нуждаются в применении борных медных удобрений на 50% площади пашни и более, цинковых – на 90%. Дефицит микроэлементов является результатом недостаточного внесения в почву органических удобрений (1,6-3,3 т/га вместо 10-13 т/га) либо полного их отсутствия. Подвижность и доступность основных микроэлементов для льна (бора и цинка) снижается известкованием почв, поэтому в случае посева льна на почве с pH_{KCl} выше 6,1 внесение микроэлементов в почву обязательно [3].

Целью наших исследований является изучение эффективности обработки льносемян, как приема, повышающего урожайность льнотресты [4, 5].

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили на опытном поле РУП «Институт льна» (Оршанский район, Витебская область) в 2018-2019 гг. по общепринятой методике [6]. Полевые опыты заложены

ны на среднекультуренной дерново-подзолистой почве со следующими агрохимическими показателями: рН – 5,5–6,0, содержание гумуса – 2,1–2,7 %, содержание подвижных форм P_2O_5 – 231–285 мг/кг почвы, обменного K_2O – 244–284 мг/кг почвы. Агротехника – общепринятая для возделывания льна-долгунца в Республике Беларусь [7]. Удобрения вносили в дозе $N_{18}P_{63}K_{96}$.

Повторность полевого опыта – четырехкратная, площадь делянки 12,5 м². Норма высева – 22 млн всхожих семян на гектар. Способ посева – узкорядный. Схема размещения вариантов – рендомизированная. В качестве контроля использовали необработанные семена. Уборку посевов проводили в стадии ранней желтой спелости.

Биолиnum, Ж – бинарный микробный препарат на основе эффективных штаммов ассоциативного diaзотрофа *Enterobacter* sp. и фосфатмобилизующего гетеротрофа *Pseudomonas* sp., выделенных из ризопланы льна-долгунца. Предназначен для микробиологической азотфиксации, фосфатмобилизации, повышения урожайности и качества льна-долгунца, снижения доз минеральных азотных и фосфорных удобрений. Представляет собой жидкость темно-коричневого цвета. Состав действующих веществ: ассоциативные азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии, титр жизнеспособных клеток – не менее 5×10^9 КОЕ/мл.

Витарос, ВСК – это комплексный протравитель семян для высокоэффективной защиты семенных посевов зерновых культур от головневых заболеваний, обладает пестицидными и фунгицидными свойствами. Действующие вещества: карбоксин (198 г/л) и тирам (ТМТД 198 г/л). Используется для обработки семян от заболеваний, которые передаются через семена и почву. Рекомендован для применения на льне-долгунце.

Экогум Био, ВР – концентрированное органическое удобрение, полученное путем переработки аэробно-ферментированной органики и торфа для корневых и внекорневых подкормок растений. Состав действующих веществ: массовая доля гуминовых веществ (г/л) на массовую долю органических веществ, не менее 40; массовая доля (г/л) не менее: азот – 15, фосфор – 15, калий – 10. Общее микробное число КОЕ/г, не менее: без интродукции – $2,1 \times 10^7$, с интродукцией микроорганизмов – $5,4 \times 10^9$.

Экогум цинк-комплекс, ВР – удобрение, обладающее фунгицидными свойствами, повышает устойчивость растений к заболеваниям. Состав действующих веществ (%): цинка не менее 12,0, гуминовых веществ не более 4,0.

Экогум цинк, медь, бор-комплекс, ВР – удобрение, обладающее фунгицидными свойствами, повышает устойчивость растений к заболеваниям. Состав действующих веществ (%): бор не менее 5,0, цинк не менее 2,6, медь не менее 2,4, гуминовые вещества не более 4,0.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что способствовало относительно объективной оценке изучаемых препаратов и их сочетаний в защитно-стимулирующих составах. Гидротермический коэффициент в 2018 г. составил 1,79, в 2019 г. – 1,54.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследованиями установлено, что обработка семян льна-долгунца сорта *Грант* различными препаратами обеспечила прибавку урожайности льнотресты по отношению к контролю в среднем за годы исследований от 0,2 ц/га до 12,0 ц/га или 0,5–27,6 %. Однако эффективность препаратов была различной. Наиболее стабильную ежегодную прибавку урожайности льнотресты обеспечила обработка семян препаратом Витарос, ВСК. Прибавка от его использования для протравливания семян составила 6,2 и 9,6 ц/га или 12,1 % и 27,0 %. Эффективность препарата Биолиnum, Ж была ниже, чем протравителя Витарос, ВСК как ежегодно (3,3–3,5 ц/га), так и в среднем на 3,4 ц/га, что является достоверной величиной (таблица 1). Использование микроудобрения Экогум разных марок в чистом виде влияет на урожайность по разному: есть варианты, обеспечивавшие не только прибавку урожайности до 3,9 ц/га или 7,5 % в 2018 г., но и ее снижение до 2,0 ц/га или 5,6 % в менее благоприятный 2019 г. Наиболее эффективным было совместное применение препарата Биолиnum, Ж и Витарос, ВСК. В среднем за годы исследований урожайность льнотресты по отношению к контрольному варианту увеличилась на 10,5 ц/га или 24,1 %.

Для определения эффективности защитно-стимулирующих составов необходимо сравнение с базовым препаратом, рассматривая последний в качестве контроля, так как абсолютный контроль, т.е. непротравленные семена, не применяются в настоящее время в технологии возделывания льна-долгунца.

Применение микроудобрения Экогум разных марок в сочетании с препаратом Биолиnum, Ж обеспечивало достоверную прибавку урожайности льнотресты по отношению к базовому препарату лишь в 2018 г. В 2019 г. наблюдалось снижение урожайности льнотресты (рисунок 1а). Использование микроудобрения Экогум разных марок в сочетании с препаратом Витарос, ВСК повышало урожайность льнотресты, однако, прибавка по отношению к базовому препарату находилась в пределах наименьшей существенной разницы (рисунок 1б).

При введении в защитно-стимулирующий состав, включающий препараты Биолиnum, Ж и Витарос, ВСК микроудобрения Экогум разных марок, урожайность льнотресты повышалась по отношению к контрольному варианту до 12 ц/га или 27,6 % (таблица 1).

В наших исследованиях установлена эффективность защитно-стимулирующих составов Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк – комплекс (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т); Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум Био (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т); Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк, медь, бор – комплекс (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т) не только к абсолютному контролю (непротравленные семена), но и по отношению к варианту с использованием протравителя Витарос, ВСК. Отмечена тенденция повышения урожайности льнотресты по отношению к варианту, где Витарос, ВСК применяли совместно с Биолиnum, Ж (рисунок 2).

Таблица 1 – Влияние предпосевной обработки семян сорта *Грифт* на урожайность льногресты

Вариант	Урожайность льногресты, ц/га									
	2018 г.	±к кон-тролю	%	2019 г.	±к кон-тролю	%	сред-нее	+/- к кон-тролю	%	
Контроль (необработанные семена)	51,3	-	-	35,6	-	-	43,5	-	-	
Биолинум, Ж (2,0 л/т)	54,2	+2,9	5,7	41,7	+6,1	17,1	48,0	+4,5	10,3	
Витарос, ВСК (1,5 л/т)	57,5	+6,2	12,1	45,2	+9,6	27,0	51,4	+7,9	18,2	
Экогум цинк-комплекс (0,5 л/т)	55,2	+3,9	7,5	36,3	+0,7	2,0	45,8	+2,3	5,3	
Экогум Био (0,5 л/т)	53,8	+2,5	4,9	33,6	-2,0	-5,6	43,7	+0,2	0,5	
Экогум - цинк, медь, бор-комплекс (0,5 л/т)	53,7	+2,4	4,7	37,0	+1,4	3,9	45,4	+2,3	5,3	
Биолинум, Ж (2,0 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)	59,6	+8,3	16,2	47,4	+11,8	33,1	53,5	+10,5	24,1	
Биолинум, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк-комплекс (0,5 л/т)	58,4	+7,1	13,6	37,2	+1,6	4,5	47,8	+4,3	9,9	
Биолинум, Ж (2,0 л/т) + Экогум Био (0,5 л/т)	57,3	+6,0	12,0	37,8	+2,2	6,2	47,6	+4,1	9,4	
Биолинум, Ж (2,0 л/т) + Экогум - цинк, медь, бор-комплекс (0,5 л/т)	57,8	+6,5	12,7	37,2	+1,6	4,5	47,5	+4,0	9,2	
Экогум цинк – комплекс (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)	58,4	+7,1	13,8	45,8	+10,2	28,7	52,1	+8,6	19,8	
Экогум Био (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)	59,7	+8,4	16,4	46,8	+3,7	10,4	53,3	+9,8	22,5	
Экогум – цинк, медь, бор – комплекс (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)	58,5	+7,2	14,0	46,8	+11,2	31,4	52,7	+9,2	21,5	
Биолинум, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк – комплекс (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)	60,6	+9,3	18,1	47,2	+11,6	32,6	53,9	+10,4	23,9	
Биолинум, Ж (2,0 л/т) + Экогум Био (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)	63,4	+12,1	23,6	47,6	+12,0	33,7	55,5	+12,0	27,6	
Биолинум, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк, медь, бор – комплекс (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т)	61,2	+9,9	19,3	48,6	+13,0	36,5	54,9	+11,4	26,2	
НСР ₀₅	2,3			1,9						

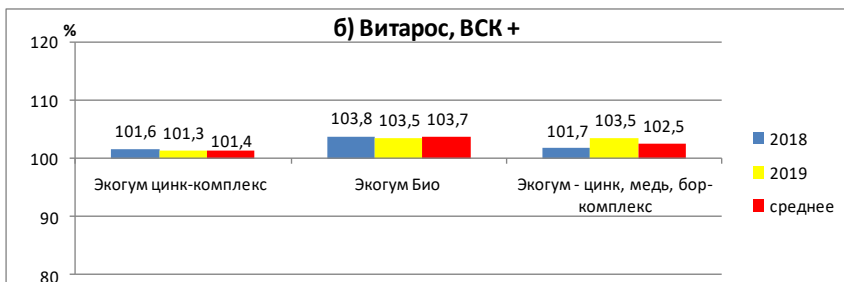
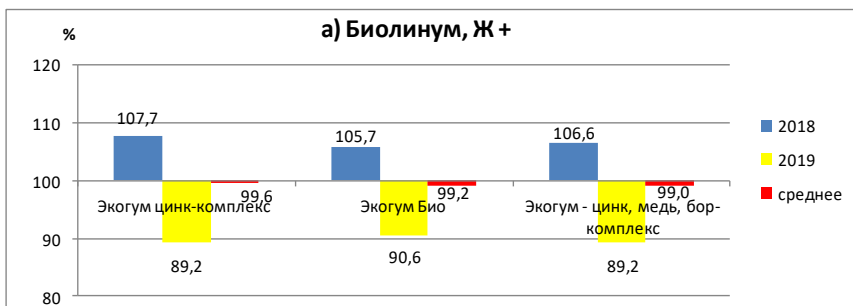


Рисунок 1 - Уровень урожайности льнотресты при совместном применении микроудобрения Экогум разных марок совместно с Биолиnum, Ж (а) и Витарос, ВСК (б) по отношению к базовому препарату

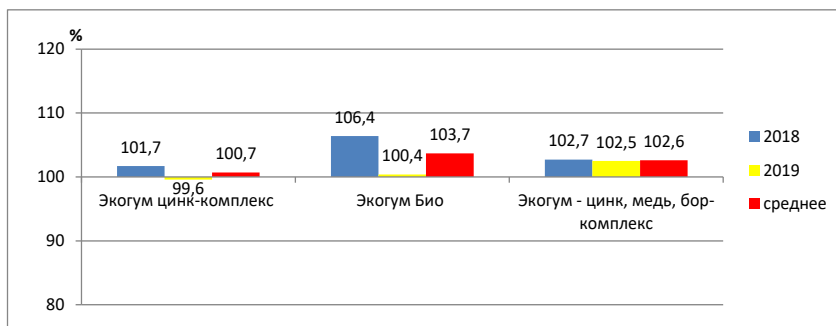


Рисунок 2 – Уровень урожайности льнотресты в смеси Биолиnum, Ж + Витарос, ВСК при использовании микроудобрения Экогум разных марок для инкрустации семян льна-долгунца

Выводы

1. Урожайность льнотресты при предпосевной обработке семян льна-долгунца увеличивалась от 0,2 ц/га до 12,0 ц/га или 0,5–27,6 % по отношению к контролю.

2. При совместном применении Биолиnum, Ж и Витарос, ВСК в среднем за период исследований урожайность льнотресты по отношению к контрольному варианту увеличилась на 10,5 ц/га или 24,1 %.

3. Применение защитно-стимулирующих составов Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк – комплекс (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т); Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум Био (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т); Биолиnum, Ж (2,0 л/т) + Экогум цинк, медь, бор – комплекс (0,5 л/т) + Витарос, ВСК (1,5 л/т) увеличило урожайность до 12,0 ц/га или 27,6 % не только по отношению к абсолютному контролю, но и по отношению к варианту Витарос, ВСК.

Литература

1. Голуб, И.А. Научные разработки – льноводству / И. А. Голуб // Земледелие и защита растений. – 2017. – прил. к № 6. – С. 36–37.

2. Нехведович, С.И. Фитосанитарные состояния льна в Беларуси и система мероприятий по защите культуры от вредных объектов / С.И. Нехведович // Земледелие и защита растений - 2017. – прил. к №4. – С. 53-61.

3. Голуб, И.А. Особенности возделывания и первичной переработки льна-долгунца / И.А. Голуб [и др.] // Сб. науч. тр. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2017. – 3-е изд.: Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси. – С. 641-665.

4. Чиликин, Н.М. Лен и льнопрядильное производство / Н.М. Чиликин. – М., 1926. – 454 с.

5. Зубцов, В.А. Лен – прядильная и масличная культура: учебное пособие / В.А. Зубцов [и др.] – Тверь: Тверской государственный университет, 2017. – 304 с.

6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

7. Отраслевой регламент. Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: РУП «Институт льна», 2019. – 15 с.

EFFICIENCY OF TREATMENT OF FIBRE FLAX SEEDS WITH PREPARATIONS OF DIFFERENT ORIGIN FOR INCREASING THE YIELD OF FLAX RETTED STALKS

A.A. Snezhinsky

The article states the results of the effect of the preparations Biolinum, Zh and Vitaros, VSK applied both separately and in mixture with the micro-fertilizer Ecogum of different brands for pre-sowing treatment of seeds in order to increase the yield of flax retted stalks. It's established that the use of a protective-stimulating mixture including Biolinum, W, Vitaros, VSK and Ecogum of different brands increases the yield of flax retted stalks in relation to absolute standard up to 12 dt / ha or 27.6 % and to 4.1 dt / ha or 8.0% in relation to Vitaros, VSK.

ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ БИНАРНЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ ФЕСТУЛОЛИУМА И ЛЮЦЕРНЫ

*Е.Р. Клыга, кандидат с.-х. наук, П.П. Васько, кандидат биол. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино
(Поступила 07.04.2020)*

Рецензент: Бирюкович А.А., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** В статье проанализированы результаты исследований по влиянию норм высева компонентов на продуктивность бинарных травосмесей фестулолиума и люцерны за 2017-2019 гг. Установлено, что при конструировании бинарных агрофитоценозов с участием фестулолиума и люцерны нормой высева семян можно регулировать их продукционный процесс. Величина достоверности ($R^2=0,97-0,99$) свидетельствует о сильной степени зависимости величины урожайности от нормы высева компонентов.*

Введение. Основополагающей отраслью современного сельского хозяйства является кормопроизводство, научно-технический уровень развития которого оказывает влияние на решение проблем стабилизации растениеводства и повышения плодородия почв.

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.

Многолетние травы являются самыми низкокзатратными компонентами растениеводства. В ближайшей перспективе особое значение должно придаваться не только увеличению производства, но и улучшению качества производимых кормов путем подбора высокоурожайных культур и сортов, совершенствованию агротехники их возделывания и технологии заготовки кормов.

Традиционные виды злаковых трав, возделываемых на территории нашей республики (ежа сборная, овсяницы, тимофеевка луговая) характеризуются более низкими качественными показателями, чем перспективные интенсивные злаки, например, фестулолиум [1, 6].

Одной из наиболее продуктивных многолетних бобовых трав, обладающих высоким содержанием белка и получившую наибольшее распространение при возделывании в чистом виде в нашей республике, является люцерна. Для формирования долголетних травостоев и получения сбалансированных по питательности кормов необходимо высевать люцерну в составе бобово-злаковых травосмесей, обеспечивающих получение более стабильных урожаев [2, 4, 5].

Целью наших исследований является изучение влияния количественного соотношения компонентов бинарных травосмесей с участием фестулолиума и люцерны на продуктивность и качество получаемой массы.

Методика проведения исследований. Научные исследования проводили в отделе многолетних трав в период 2016-2019 гг. в полевых условиях на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, подстилаемой с глубины 50–70 см песками, со следующей агрохимическими характеристиками: кислотность рН 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.

Изучали следующие нормы высева компонентов (сорт фестулолиума *Удзячны*, сорт люцерны *Будучыня*):

1. фестулолиум – 6,0 млн семян/га,
2. люцерна – 6,0 млн семян/га,
3. фестулолиум + люцерна – 6 + 9 млн семян/га,
4. фестулолиум + люцерна – 3 + 9 млн семян/га,
5. фестулолиум + люцерна – 3 + 6 млн семян/га,
6. фестулолиум + люцерна – 3 + 3 млн семян/га соответственно.

Учет урожая проводили кормоуборочным комбайном Hege-212 в фазу бутонизации люцерны согласно методике опытов на сенокосах и пастбищах [3].

Минеральные удобрения вносили в год посева (2016) под предпосевную культивацию в дозе P₆₀K₉₀. Азотные удобрения применяли по следующей схеме: 1. N₀ – контроль; 2. N₃₀ – в начале вегетации и в период формирования каждого последующего укоса.

В первый год жизни первое подкашивание травостоев проводили с целью снижения их засоренности, затем – учет урожая зеленой массы в конце сентября.

Погодные условия различались по годам. В 2017 г. отмечалась холодная весна со среднесуточными температурами ниже нормы вплоть до III декады мая. Сумма среднесуточных температур за период формирования 1-го укоса составила лишь 53 °С, при этом эффективные температуры (более 10 °С) были отмечены только ко II-III декадам мая (11,5–16,4 °С). Количество осадков в этот период было неравномерным, в сумме за период формирования 1-го укоса выпало 85,5 мм при норме 68 мм, дождливыми были III декада апреля – 228,1 % и I декада мая – 223,5 % от нормы, однако в апреле при этом отмечались ночные заморозки. Погодные условия обусловили сроки формирования травостоев 1-го укоса, который проводили из-за «затяжной» весны лишь в начале июня.

2-й укос формировался при недостаточном количестве осадков в период отрастания (34–37% от среднесуточной нормы) на фоне среднесуточных температур ниже нормы. Период формирования 3-го укоса проходил при среднесуточных температурах на 1,4–4,4 °С выше нормы при количестве осадков 73,1–78,3 % от нормы.

Весенний период вегетации 2018 г. характеризовался (формирование травостоев 1-го укоса) как неблагоприятный по увлажнению почвы (суммарное количество осадков от начала вегетации составило лишь 24,8 мм) с температурами, превышающими среднесуточную норму на 1,9–6,0 °С. Высокие среднесуточные температуры на фоне недостаточного количества атмосфер-

ных осадков (влажность почвы в корнеобитаемом слое составляла лишь 6,5–6,9 %) сохранились и при формировании 2-го укоса. В период формирования 3-го укоса суммарное количество осадков составило лишь 94,9 мм, а среднесуточные температуры превышали норму на 1,2–5,3 °С, т.е. в целом вегетация 2018 г. по увлажнению была неблагоприятной для формирования высокой урожайности изучаемых травостоев.

2019 г. характеризовался практически полным отсутствием осадков в апреле (0,4 мм) и их неравномерностью в мае – в I декаде выпало 56,1 мм, что составляет 330 % от нормы, в последующих декадах – 22–58 %. Температура воздуха в апреле была на 1,6–5,0 °С выше нормы, обильные осадки в I декаде мая были на фоне низкой температуры воздуха (на 2,8 °С ниже нормы), в последующем температура воздуха была на 2,4–3,3 °С выше среднесуточной. В таких условиях формировался травостой 1-й укоса.

В последующем в период вегетации отмечалось недостаточное количество осадков (влажность почвы в корнеобитаемом слое составляла 20–32 %) на фоне высоких среднесуточных температур при формировании 2-го укоса трав. 3-й укос был сформирован на фоне обильных осадков (178–277 % от нормы) при атмосферных температурах на уровне нормы. Осадки в сентябре 2019 г. практически отсутствовали, однако запасы влаги в почве (39–47 %) и высокая температура воздуха способствовали росту изучаемых травостоев, благодаря чему был сформирован 4-й укос.

Результаты и их обсуждение. Уровень продуктивности бинарных травостоев зависел от складывающихся погодно-климатических условий и в годы исследований и в годы пользования травостоями.

В 1-й год пользования (2017 г.) на фоне без внесения азотных удобрений в сумме за вегетацию травостоями фестулолиума в чистом виде была сформирована урожайность 222,4 ц/га зеленой массы. При внесении N_{30} под каждый укос величина урожайности возросла на 36,8 %, составив 304,4 ц/га. Во 2-й год пользования (2018) суммарная урожайность зеленой массы травостоев фестулолиума была на одном уровне относительно предыдущего года использования – 244,8 ц/га на фоне N_0 , при внесении N_{90} за вегетацию увеличилась на 31,8 % и составила 322,6 ц/га. Продуктивность травостоев 3-го года пользования (2019) снизилась относительно 1-го года пользования на 32,3 % на безазотном фоне, и на 34,4 % на фоне N_{90} , составив 150,6 и 199,6 ц/га соответственно (таблица 1).

Урожайность травостоев люцерны в чистом виде была гораздо выше травостоев фестулолиума, что объясняется большей засухоустойчивостью люцерны, обладающей стержневой корневой системой. В 1-й год пользования на фоне N_0 было сформировано 511,2 ц/га зеленой массы, что на 288,8 ц/га или в 2,3 раза больше урожайности фестулолиума в чистом виде. На фоне N_{90} величина урожайности зеленой массы люцерны возросла лишь на 3,4 % – до 528,8 ц/га, превысив урожайность фестулолиума при таком же уровне азотного питания на 224,4 ц/га или в 1,7 раза.

В 2018 г. складывающиеся неблагоприятные погодные условия привели к снижению уровня урожайности зеленой массы люцерны. Так, на безазотном фоне питания суммарная за 2-й год пользования урожайность составила 453,2

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы, ц/га

Год пользования травостоем	Доза азотных удобрений, кг д.в./га	Норма высева, млн/га					
		Фестулолиум + люцерна				Люцерна	Фестулолиум
		6+9	3+9	3+6	3+3	6,0	
2016 (год посева)	N ₀	93,0	94,2	85,6	85,0	109,2	50,8
	N ₃₀	99,2	97,8	96,6	91,4	111,4	90,0
2017 (1-й год пользования)	N ₀	448,2	503,0	512,8	465,0	511,2	222,4
	N ₉₀	512,0	515,0	537,2	489,2	528,8	304,4
2018 (2-й год пользования)	N ₀	446,4	463,4	457,0	408,6	453,2	244,8
	N ₉₀	496,4	520,4	504,4	474,0	481,2	322,6
2019 (3-й год пользования)	N ₀	382,6	421,2	421,0	384,0	374,8	150,6
	N ₉₀	421,2	455,2	452,5	405,6	399,6	199,6
Среднее за 2017-2018гг.	N ₀	425,7	462,5	463,6	419,2	446,4	205,9
	N ₉₀	476,5	496,9	498,0	456,3	469,9	275,5

НСР₀₅

Ф1/Ф2

Фактор 1-состав травосмеси / фактор 2 – доза азота
10,36/5,98

ц/га зеленой массы, что на 11,3 % ниже 1-го года пользования травостоями. А при внесении N₉₀ уровень урожайности увеличился лишь на 28 ц/га зеленой массы, составив 481,2 ц/га, что ниже 1-го года пользования травостоями на 9 % на аналогичном фоне азота. На 3-й год пользования продуктивность люцерновых травостоев составила лишь 374,8 ц/га зеленой массы на фоне N₀, что на 26,7 % ниже относительно урожайности в 1-й год пользования и 399,6 ц/га на фоне N₉₀, что ниже на 24,4 % соответственно. Внесение азотных удобрений увеличивало продуктивность травостоев люцерны незначительно – при внесении N₉₀ прибавка урожайности составила 17,6 ц/га в 1-й год пользования, 28,0 ц/га во 2-й год пользования, 24,8 ц/га в 3-й год пользования травостоями люцерны в чистом виде.

Продуктивность бинарных травостоев фестулолиума с люцерной зависела не только от погодных условий, но и от нормы высева компонентов. Так, в 1-й год пользования величина сформированной урожайности зеленой массы на фоне без внесения азотных удобрений составила 465,0 ц/га при норме высева фестулолиума с люцерной 3 + 3 млн семян соответственно. Максимальную урожайность сформировали травостои с нормой высева компонентов 3 + 6 млн семян – 512,8 ц/га зеленой массы. С увеличением нормы высева люцерны до 9 млн (3 + 9 млн семян соответственно) величина урожайности надземной массы формировалась на одном уровне и составила 503,0 ц/га. При увеличении нормы высева фестулолиума до 6 млн семян (норма 6 + 9 млн семян) отмечалось достоверное снижение уровня урожайности зеленой массы до 448,2 ц/га. Объясняется снижение урожайности в загущенных посевах, прежде всего, снижением фотосинтетической продуктивности растений, т.е. нормой высева компонентов бинарных травосмесей фестулолиума и люцерны можно регулировать продукционный процесс травостоя (рисунок 1).

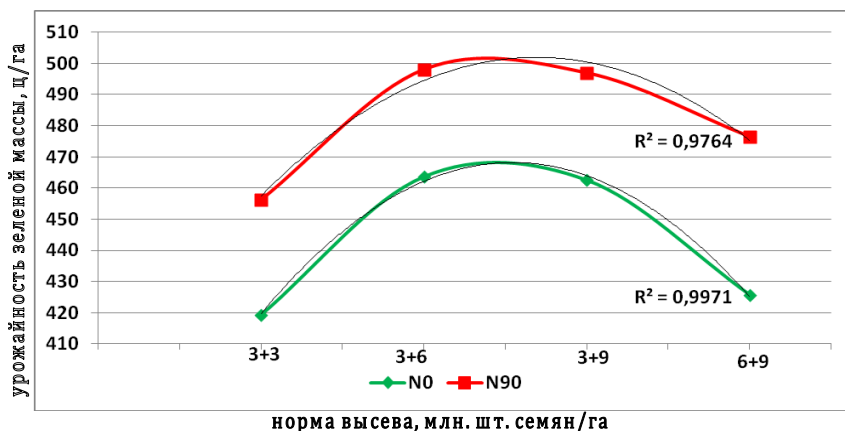


Рисунок 1 – Формирование урожайности зеленой массы бинарными травостоями фестулолиума и люцерны, ц/га (среднее за 2017–2019 гг.)

При внесении N_{90} характер формирования уровня урожайности зеленой массы имел аналогичную закономерность. Минимальная урожайность отмечалась в варианте с нормой высева 3 + 3 млн семян – 489,2 ц/га, максимальная урожайность сформирована при норме высева фестулолиума с люцерной 3 + 6 млн семян соответственно. При дальнейшем увеличении нормы высева до 3 + 9 млн и 6 + 9 млн семян отмечалось достоверное снижение уровня урожайности до 515,0 и 512,0 ц/га зеленой массы соответственно. Внесение азотных удобрений на бобово-злаковые травостои с участием люцерны нецелесообразно, т.к. на примере варианта с нормой высева 3 + 6 млн семян прибавка урожайности относительно безазотного фона составила лишь 24,4 ц/га зеленой массы.

Продуктивность бинарных травосмесей характеризовалась более равномерным поступлением зеленой массы по годам пользования. Во 2-й год пользования бинарными травостоями уровень их продуктивности снизился на 0,4–12,1 % на фоне без внесения минерального азота и на 3,0–6,1 % на фоне N_{90} . Зависимость уровня урожайности от нормы высева компонентов имела прежний характер. При норме высева 3 + 3 млн семян урожайность зеленой массы была минимальная – 408,6 ц/га, возрастая до 457,0–463,4 ц/га с увеличением нормы высева до 3 + 6 и 3 + 9 млн семян. Загущенные посевы с нормой высева 6 + 9 млн сформировали лишь 446,4 ц/га зеленой массы на фоне без внесения азотных удобрений. На фоне N_{90} урожайность надземной массы при норме высева 3 + 6 млн семян составила 504,4 ц/га, при норме высева 3 + 9 млн – 520,4 ц/га. Травостой с низкой нормой высева (3 + 3 млн) сформировали 474,0 ц/га, загущенные посевы (6 + 9 млн) – 496,4 ц/га зеленой массы.

На 3-й год пользования травостоями уровень урожайности относительно 1-го года пользования снизился на 14,6–17,9 % на травостоях без азотного питания и на 11,6–17,7 % при внесении N_{90} . Величина сформированной урожай-

ности по-прежнему в сильной степени зависела от нормы высева фестулолиума и люцерны. Оптимальной нормой высева является 3 млн семян фестулолиума + 6 млн семян люцерны, т.к. в этом варианте формируется максимальная продуктивность надземной биомассы (421,0 ц/га на фоне без азотных удобрений), уровень которой не возрастает с дальнейшим увеличением нормы высева (421,2 ц/га при норме высева 3 + 9 млн) и даже снижается при загущенных посевах (382,6 ц/га при норме высева 6 + 9 млн семян). На фоне внесения N_{90} уровень продуктивности надземной биомассы составил 452,5 ц/га при норме 3 + 6 млн семян, 455,2 ц/га при норме 3 + 9 млн семян, снижаясь до 421,2 ц/га при норме высева 6 + 9 млн семян/га.

В среднем за 2017–2019 гг. исследований травостоями фестулолиума в чистом виде на фоне без азотного питания было сформировано 205,9 ц/га зеленой массы. При внесении N_{90} уровень урожайности увеличился на 33,8 %, что составило 275,5 ц/га зеленой массы. Продуктивность люцерновых травостоев за исследуемый период составила 446,4 ц/га зеленой массы на фоне N_0 , а внесение азотных удобрений на травостой люцерны в чистом виде нецелесообразно, т.к. прирост урожайности составил лишь 5,3 % – 469,9 ц/га зеленой массы в среднем за 3 года пользования травостоями.

Нормой высева бинарных травосмесей фестулолиума и люцерны можно регулировать продукционный процесс травостоев. Низкой нормы высева (3 + 3 млн семян) недостаточно для формирования высокого уровня продуктивности. На фоне без внесения минерального азота бинарные травостои с низкой нормой высева компонентов в среднем за 2017–2019 гг. сформировали 419,2 ц/га зеленой массы. С увеличением нормы высева люцерны до 6,0 млн (3 + 6 млн семян) величина урожайности была максимальной и составила 463,6 ц/га зеленой массы. С дальнейшим увеличением нормы высева до 3 + 9 млн семян продуктивность травостоев оставалась на прежнем уровне – 462,5 ц/га и снижалась при увеличении нормы высева до 6 + 9 млн семян – 425,7 ц/га, что объясняется низкой фотосинтетической продуктивностью загущенных посевов.

Характер формирования урожайности при проведении азотных подкормок в дозе N_{90} за вегетацию имел аналогичную тенденцию. Максимальная урожайность была сформирована в варианте 3 + 6 млн семян – 498,0 ц/га зеленой массы. Следует отметить, что внесение азотных удобрений на травостой с участием люцерны нецелесообразно, т.к. прибавка урожайности относительно вариантов, где подкормка не проводилась, составила лишь 5,3–11,9 %, а продуктивность травостоев фестулолиума в чистом виде возросла при такой же дозе азота на 33,8 %.

Известно, что многолетние травы являются основным источником дешевого растительного белка. По сбору сырого протеина в наших исследованиях травостой фестулолиума в чистом виде уступали люцерновым травостоям, однако бинарные травостои фестулолиума с люцерной обеспечивали высокий уровень сбора сырого протеина (таблица 2).

Травостой люцерны в чистом виде в сумме за 3 года пользования обеспечили выход 56,3 ц/га сырого протеина на фоне без внесения минерального азота, при внесении N_{90} суммарный выход протеина увеличился до 61,0 ц/га. Фес-

Таблица 2 – Сбор сырого протеина, ц/га

Год пользования травостоем	Доза азотных удобрений, кг д.в./га	Норма высева, млн/га					
		Фестулолиум + люцерна				Люцерна	Фестулолиум
		6+9	3+9	3+6	3+3	6,0	
2017 (1-й год пользования)	N ₀	15,6	16,4	17,3	16,0	21,5	6,4
	N ₉₀	18,1	19,6	19,5	16,9	23,3	9,9
2018 (2-й год пользования)	N ₀	16,8	18,3	17,9	16,1	18,9	7,9
	N ₉₀	19,2	20,8	20,9	20,4	20,5	10,3
2019 (3-й год пользования)	N ₀	15,0	16,4	16,0	14,8	15,9	5,0
	N ₉₀	17,0	18,5	18,0	16,6	17,2	6,7
∑ за 2017-2019 гг.	N ₀	47,4	51,1	51,2	46,9	56,3	19,3
	N ₉₀	54,3	58,9	58,4	53,9	61,0	26,9

тулолиум в чистом виде обеспечил 19,3 ц/га сырого протеина на фоне N₀, внесение N₉₀ позволило увеличить сбор в 1,4 раза – 26,9 ц/га сырого протеина. Бинарные травостои в сумме за 3 года пользования сформировали от 46,9 ц/га при норме высева компонентов 3 + 3 млн семян на фоне N₀ до 51,2 ц/га при норме высева фестулолиума и люцерны 3 + 6 млн соответственно. Дальнейшее увеличение нормы высева не приводило к увеличению сбора сырого протеина (51,1 ц/га при норме 3 + 9 млн) и даже отмечалось его снижение при высеве 6 + 9 млн семян – 47,4 ц/га.

Внесение азотных удобрений в дозе N₉₀ позволило увеличить выход протеина до 53,9 ц/га в варианте 3 + 3 млн семян. Сбор протеина в варианте 3 + 6 млн составил 58,4 ц/га, при дальнейшем увеличении нормы высева компонентов бинарных травосмесей увеличивался незначительно – 58,9 ц/га при высеве 3 + 9 млн семян, и отмечалось его снижение при высеве 6 + 9 млн семян/га.

Бинарные травостои фестулолиума с люцерной даже без внесения минерального азота обеспечили больший суммарный сбор сырого протеина, чем травостои фестулолиума в чистом виде при внесении N₉₀.

Следовательно, правильный выбор видов и сортов многолетних трав является условием получения высокоурожайных травостоев с высоким качеством корма, уровень продуктивности которых следует регулировать посредством нормы высева.

Выводы

1. Величина достоверности ($R^2=0,97-0,99$) выражает сильную степень зависимости величины урожайности от нормы высева компонентов бинарных травосмесей фестулолиума и люцерны. Следовательно, при конструировании таких агрофитоценозов нормой высева семян следует регулировать их продукционный процесс.

2. Оптимальной нормой высева бинарных агрофитоценозов является 3,0 млн/га семян фестулолиума и 6,0 млн/га семян люцерны. В среднем за 3 года использования величина сформированной урожайности при указанной норме была максимальной – 463,6 ц/га зеленой массы на фоне N_0 и 498,0 ц/га зеленой массы на фоне N_{90} . Увеличение нормы высева семян до 3 + 9 млн соответственно не обеспечивает достоверной прибавки урожайности.

3. Внесение азотных удобрений на травостой фестулолиума и люцерны нецелесообразно, т.к. прибавка урожайности составляет лишь 7,4–11, % относительно фона без внесения азота, или 34,4–37,1 ц/га зеленой массы. Урожайность фестулолиума в чистом виде при внесении N_{90} в среднем за 3 года пользования травостоями увеличилась на 33,8 %, что составляет 69,6 ц/га зеленой массы.

4. Наибольший валовой сбор сырого протеина травостой фестулолиума с люцерной формируют при норме высева 3 + 6 млн/га семян – 51,2 ц/га на фоне без внесения минерального азота. При увеличении нормы высева до 3 + 9 млн/га сбор протеина на фоне N_0 не увеличивается, составляя 51,1 ц/га в сумме за 2017–2019 гг. исследований.

5. Бинарная травосмесь фестулолиум + люцерна на фоне без внесения минерального азота превосходит травостой фестулолиума в чистом виде при внесении под них N_{90} (51,2 и 26,9 ц/га сырого протеина).

Литература

1. Клыга, Е.Р. Формирование высокопродуктивных бинарных агрофитоценозов на основе люцерны и фестулолиума / Е.Р. Клыга, П.П. Васьюк // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, РУП «НПЦ по земледелию»; под науч. ред. Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск, 2019. – С. 157–165.
2. 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.
3. Методика опытов на сенокосах и пастбищах / В.Г. Игловиков [и др.]. – ВИК, 1971. – 233 с.
4. Писковацкый, Ю.М. Люцерна для многовидовых агроценозов / Ю.М. Писковацкый // Кормопроизводство. – 2012. – № 11. – С. 25-26.
5. Привалова, К.Н. Сезонная динамика урожайности и продуктивность фестулолиумовых пастбищных травостоев / К.Н. Привалова, Р.Р. Каримов // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сб. науч. тр. – Москва, 2017. – Вып. 13 (61) – С. 19–25.
6. Эсседулаев, С.Т. Высокопродуктивные травостой на основе нетрадиционных кормовых культур в Верхневолжье / С.Т. Эсседулаев, Н.В. Шмелева // Владимирский земледелец. – 2018. – № 4 (86). – С. 26-30.

INFLUENCE OF SOWING RATES ON THE YIELD OF BINARY AGROPHYTOCENOSES WITH ALFALFA AND FESTULOLIUM

E.R. Klyga, P.P. Vasko

The paper analyses the results of the research on the influence of sowing rates of components on the yield of binary grass mixtures from alfalfa and festulolium for 2017-2019. It's established that while constructing binary agrophytocenosis with

alfalfa and festulolium it's possible to regulate their performance with sowing rates of seeds. The validity value ($R^2=0,94-0,99$) witnesses a strong dependence of the yield value on sowing rates of the components.

УДК 633.853.494«324»:631.531.04:581.1(476)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СРОКОВ СЕВА НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ И ПЕРЕЗИМОВКУ РАПСА ОЗИМОГО В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

А.А. Бородько, научный сотрудник

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Поступила 19.03.2020)*

Рецензент: Лукашевич Т.Н., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** Изучено влияние сроков сева на состояние растений перед уходом в зиму и перезимовку различных генотипов рапса озимого. Продолжительность вегетации, тепловые ресурсы и наличие влаги в почве, обусловленные сроками сева и природно-климатическими условиями, оказывают значительное воздействие на растения рапса озимого на начальных этапах его формирования. Установлено, что наиболее оптимальные параметры роста и развития в условиях центральной части Беларуси рапс озимый формирует при посеве 10-24 августа за 61-75 дней летне-осенней вегетации и сумме активных температур 690-927 °С (+5 °С и выше). Показана также общая для всех генотипов закономерность – снижение содержания сухого вещества от раннего к более поздним срокам их сева: в листовой массе от 20,92 до 15,09 %, в корнях – от 31,50 до 23,64 %. Вышеуказанные факторы в комплексе гарантируют стабильно высокую перезимовку культуры – от 85,8 до 93,8 %. Выявлена тесная корреляционная связь между биометрическими параметрами растений перед уходом в зиму ($r=0,71-0,86$) и перезимовкой гибрида Днепр F₁*

Введение. Многолетнее изучение и сравнение факторов, усиливающих или смягчающих влияние низких температур на перезимовку растений рапса озимого, позволили прийти к выводу, что решающим из них является оптимальный срок сева культуры [4]. Сроки сева определяют продолжительность периода от посева до наступления зимнего покоя, оказывают значительное влияние на рост и развитие культуры, накопление пластических веществ и сухого вещества. Растения сортов рапса озимого перед уходом в зиму должны иметь 8–10 листьев, диаметр корневой шейки – 8–12 мм, длину хорошо развитого стержневого корня – 15–20 см, высоту точки роста – не более 2 см. Для гибридов оптимальным является наличие 8–12 листьев, длина корня – 17–25 см, диаметр корневой шейки – 10–14 мм, высота точки роста – до 2 см. Это и есть те оптимумы, при которых перезимовка рапса наиболее высокая, а также максимален потенциал закладки побегов [2].

Оптимальные сроки сева сортов рапса озимого для северо-восточных районов Беларуси – первая половина августа, посев культуры должен быть завер-

шен в этом регионе, включая южные районы Могилевской области, 20 августа [5, 6]. Г.А. Жолик считает, что на северо-востоке республики наилучшие условия для реализации потенциальной продуктивности завязи рапса озимого создаются при посеве в начале августа [1].

Для центрального и северо-западного регионов начало сева наступает 5 августа и посев сортов в Центральной зоне необходимо завершить до 25 августа. На юго-западе республики при посеве по благоприятному предшественнику и во время влажной теплой погоды в период сева сроки могут быть сдвинуты до 30 августа [5].

По данным ГНУ ВНИИ кормов, оптимальным сроком сева рапса озимого для условий Центрального региона Нечерноземной зоны России является первая-вторая декада августа [3], в Ростовской области – 10-20 сентября [9, 10], в условиях Крыма – 5 сентября [8]. В Германии сорта рапса озимого сеют с 16 до 25 августа, гибриды рекомендуют высевать позже [7]. Для регионов Польши, граничащих с Беларусью, рекомендуемый срок – с 10 по 15 августа [5].

Таким образом, сроки сева рапса озимого за три десятилетия его возделывания на зерно в Беларуси постоянно изучаются, и уточняются его оптимальные границы в связи с расширением посевных площадей под этой культурой с 600 гектаров до 360 тыс. га и более, необходимой сортосменной и вследствие глобального потепления климата. Поэтому исследования в этом направлении весьма актуальны.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили в 2011–2014 гг. в лаборатории крестоцветных культур на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва дерново-подзолистая, развивающаяся на лессовидном и песчанисто-пылевом суглинке, подстилаемом с глубины 0,7–0,8 м моренным суглинком. Содержание гумуса в пахотном слое (20–24 см) – 1,96–2,3 %, pH (KCl) – 5,6–6,0. Содержание подвижных питательных веществ: фосфора (P_2O_5) – 180–225 мг/кг, калия (K_2O) – 225–370 мг на 1 кг почвы.

Полевые опыты закладывали в зерновом звене севооборота по методике Б.А. Доспехова (1985). Предшественник – яровой ячмень. Объектом исследований были отечественный и зарубежный гибриды рапса озимого *Днепр* F₁ и *Вектра* F₁, и сорт *Лидер*. Агротехника культуры была типичной для супесчаных и легкосуглинистых почв. Учетная площадь делянки – 12–25 м², повторность 4 кратная, размещение делянок – рендомизированное. Норма высева рапса озимого – 0,8 млн всхожих семян на 1 га. Посев проводили 10, 17, 24, 31 августа и 7 сентября. Удобрения вносили в дозе N₂₂₀₍₁₀₀₊₈₀₊₄₀₎P₁₀₀K₁₈₀. Учет биометрических параметров развития растений рапса озимого проводили ежегодно осенью в конце вегетационного периода. Статистическую обработку данных – по методике (Доспехова, 1985) с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Метеорологические условия в период проведения исследований значительно изменялись по годам и отличались от среднееголетних значений, что позволило более полноценно изучить влияние сроков сева на осеннее развитие и перезимовку рапса озимого различных генотипов с учетом погодных усло-

вий. Осенне-зимние периоды 2011/2012 гг., 2012/2013 гг. и 2013/2014 гг. были теплыми, с глубоким продолжительным снежным покровом в 2013 г. и бесснежным 2014 г. и с неравномерным выпадением осадков по годам в течение вегетационного периода.

Результаты исследований и их обсуждение. Продолжительность осеннего вегетационного периода в годы проведения исследований была различной. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха ниже +5 °С наступал в 2011 г. в конце первой декады октября, что на 10 дней раньше средне-многолетних данных, в 2012 г. – во второй декаде октября, а в 2013 г. – в первой декаде ноября, что на 20 дней позднее нормы. Это и определило, в основном, продолжительность вегетации рапса озимого и обеспеченность его тепловыми ресурсами при различных сроках сева.

Так, при посеве 10 августа осенняя вегетация культуры продолжалась в зависимости от года исследований от 61 до 92 дней при среднем показателе 75 дней, сумма активных температур за эти периоды составила 868–1011 °С (в среднем 927 °С), сумма эффективных температур – 548–563 °С (рисунок 1). При посеве рапса озимого 17 августа тепловые ресурсы уменьшились на 13,1 % по сравнению с предыдущим сроком сева и составили 806 °С активных, 467 °С эффективных температур. При третьем сроке сева (24 августа) период вегетации рапса озимого от посева до ухода в зиму был короче по сравнению с первым сроком сева на 14 дней (18,7 %). Сумма активных температур при этом снизилась на 25,6, а сумма эффективных температур на 30,3 % и составили в зависимости от года исследований соответственно 620–729 и 379–395 °С. Осенняя вегетация культуры четвертого срока сева (31 августа) продолжалась в среднем 54 дня при сумме активных температур 578 °С, которая была ниже по сравнению с периодом при посеве 10 августа на 37,6 %. Сумма эффективных температур составила 309 °С, или 55,8 % от первого срока сева. При последнем сроке сева (7 сентября) рапса озимого продолжительность периода вегетации была в среднем 47 дней или уменьшилась на 37,4 % по сравнению с первым сроком сева. Сумма активных температур при этом составила 52,1 % от наличия тепловых ресурсов при раннем сроке сева, а сумма эффективных температур снизилась на 54,9 %.

Следует подчеркнуть, что уменьшение тепловых ресурсов при опоздании с посевом обусловлено не только сокращением длины вегетационного периода, но и снижением среднесуточной температуры воздуха. Причем, в 2011 г. от первого к последнему сроку сева она уменьшилась с 14,2 до 12,2, в 2012 г. – с 12,7 до 11,1, в 2013 г. – с 11,0 до 8,9 °С.

Важно также отметить, что во все годы наших исследований тепловые ресурсы в летне-осенний период вегетации рапса озимого были выше средне-многолетних значений в среднем на 16–31 %, что указывает на существенное потепление климата в регионе и Беларуси в период роста и развития культуры перед уходом в зиму.

Таким образом, продолжительность вегетации рапса озимого самой короткой (61–33 дня) была в 2011 г., но осень была сравнительно теплой, благодаря чему сумма активных температур составила в зависимости от срока сева

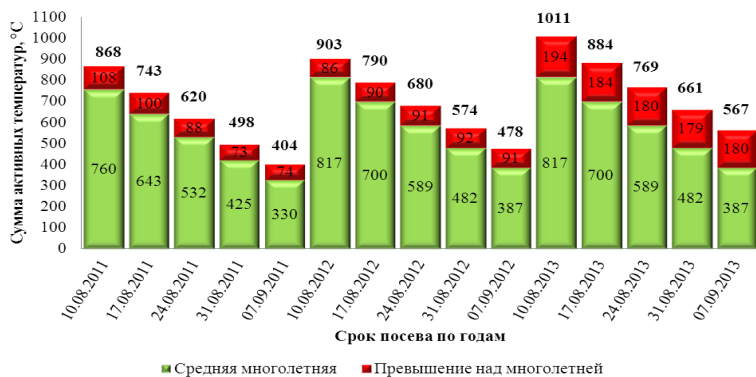


Рисунок 1 – Суммы активных температур в летне-осенний период при различных сроках сева рапса озимого

868–404 °С. Умеренно теплые и на 10 дней длиннее были периоды вегетации в 2012 г. с суммой активных температур 903–478 °С. Сравнительно прохладным, но самым длинным (92–64 дней) был осенний вегетационный период 2013 г., благодаря чему сумма активных температур (1011–567 °С) превысила тепловые ресурсы предыдущих лет соответственно на 16,5–40,3 и 12,0–18,6%.

Продолжительность летне-осеннего периода вегетации рапса озимого и тепловые ресурсы при различных сроках сева оказали значительное влияние на рост, развитие культуры и ее состояние перед уходом в зиму, а в последующем – и на ее перезимовку.

Исследованиями установлено, что оптимальные биометрические параметры перед уходом в зиму рапс озимый сформировал при посеве 10–24 августа. Так, в среднем за три года у гибрида *Днепр* F₁ к концу вегетации при данных сроках сева на растении насчитывалось 8,1–9,2 листа, длина их составляла 26,8–34,4 см, длина главного корня – 16,4–19,4 см, диаметр корневой шейки – 6,6–9,2 мм (таблица 1).

При более позднем сроке сева данного гибрида (31 августа) на растении формировалось листьев на 12,3–25,0 % меньше, высота их была ниже на 26,5–42,7 %, длина корней – на 22,0–34,0 % короче, а диаметр корневой шейки уступал оптимальным срокам сева (10–24 августа) на 19,7–42,4 %. Высота точки роста рапса озимого от первого к последнему сроку сева закономерно снижалась с 2,83 до 0,41 см и не превышала в среднем допустимые значения (3,0 см). Аналогичные закономерности наблюдались у зарубежного гибрида *Вектра* F₁ и отечественного сорта *Лидер*.

Условия года, генотип и особенно развитие растений перед уходом в зиму, обусловленное различными сроками сева, существенно повлияли на накопление сухого вещества. Более высокое его содержание отмечено у растений гибрида *Днепр* F₁ и составило в среднем за 3 года в листовой массе 15,88–20,92 %, в корнях – 24,37–31,50 %, несколько ниже было у гибрида *Вектра* F₁ – 15,96–19,11 и 24,59–29,91 % и у сорта *Лидер* – 15,09–17,45 и 23,64–27,77 % соответ-

Таблица 1 – Влияние сроков сева на биометрические параметры растений рапса озимого к концу осенней вегетации (среднее за 2011-2013 гг.)

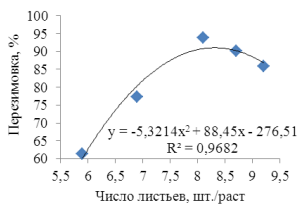
Сроки сева	Число листьев, шт./растение	Высота растения, см	Длина корня, см	Диаметр корневой шейки, мм	Высота точки роста, см
Сорт Лидер					
10 августа	7,8	36,5	19,4	9,3	2,34
17 августа	8,0	32,0	18,4	7,9	1,13
24 августа	8,1	26,8	16,7	7,2	0,79
31 августа	7,6	19,3	12,9	5,9	0,62
07 сентября	6,4	14,6	10,5	4,9	0,43
Днепр F ₁					
10 августа	9,2	34,4	18,5	9,2	2,83
17 августа	8,7	31,1	19,4	8,2	1,33
24 августа	8,1	26,8	16,4	6,6	0,68
31 августа	6,9	19,7	12,8	5,3	0,62
07 сентября	5,9	14,2	12,5	4,6	0,41
Вектра F ₁					
10 августа	9,1	38,9	18,7	10,0	2,95
17 августа	8,5	33,0	20,3	8,2	1,49
24 августа	8,7	28,7	22,3	7,8	0,76
31 августа	7,1	19,5	14,4	5,8	0,56
07 сентября	6,4	15,1	11,1	4,4	0,43

ственно. Установлена общая для всех генотипов закономерность – снижение содержания сухого вещества от раннего к более поздним срокам их сева. У гибридов *Днепр* F₁ и *Вектра* F₁ этот показатель снизился (в относительном выражении) на 24,1 и 16,5 % в надземной массе, на 22,6 и 17,8 % – в корнях, у сорта *Лидер* – соответственно на 13,5 и 16,9 % что также является одним из факторов, оказывающим влияние на перезимовку рапса озимого.

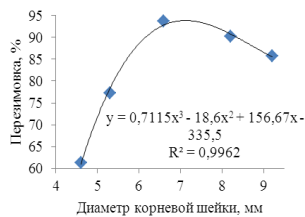
Установлена тесная корреляционная связь ($r=0,71-0,86$) между биометрическими параметрами растений в осенний период и перезимовкой гибрида *Днепр* F₁. Регрессионный анализ результатов исследований, представленный на рисунке 2, показал, что у данного генотипа наибольшее число растений (90 % и выше) сохранилось при следующих биометрических параметрах его развития в осенний период: число листьев – 7,7–8,7 шт., диаметр корневой шейки – 6,2–8,3 мм, высота растений – 25–32 см, высота точки роста – 1,2–2,5 см.

В среднем за три года наших исследований перезимовка рапса озимого изменялась от 90,3 % при посеве 24 августа до 60,1 % при посеве 7 сентября у сорта *Лидер*, у гибридов *Днепр* F₁ и *Вектра* F₁ от 93,8 до 61,3 % и от 93,1 до 54,8 % соответственно (таблица 2).

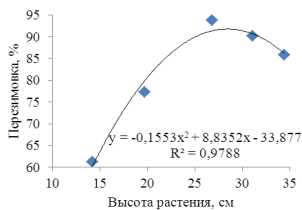
Перезимовка рапса озимого в 2011/2012 г. была в целом благоприятной и изменялась по срокам сева и генотипам от 83,7 до 100 %, за исключением последнего срока сева (7 сентября). У сорта *Лидер* в этом варианте за зиму погибло 27,7 % растений, у гибридов *Днепр* F₁ и *Вектра* F₁ – 30,4 и 38,2 % соответственно.



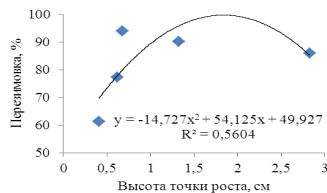
$r = 0,86$



$r = 0,71$



$r = 0,83$



$r = 0,86$

Рисунок 2 – Корреляционная зависимость перезимовки гибрида Днепр F₁ от биометрических параметров растений в осенний период (среднее за 2011–2013 гг.)

Таблица 2 – Перезимовка рапса озимого в зависимости от сроков сева и генотипа, %

Срок сева	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее
Сорт Лидер				
10 августа	93,0	75,0	96,5	88,2
17 августа	87,9	89,3	88,9	88,7
24 августа	83,7	88,9	98,4	90,3
31 августа	87,9	14,8	96,4	66,4
07 сентября	72,3	13,4	94,5	60,1
Днепр F ₁				
10 августа	87,3	73,9	96,3	85,8
17 августа	84,8	88,2	97,7	90,2
24 августа	86,7	96,3	98,4	93,8
31 августа	98,6	33,3	100	77,3
07 сентября	69,6	17,1	97,2	61,3
Вектра F ₁				
10 августа	92,1	76,3	90,6	86,3
17 августа	100	83,3	97,7	93,7
24 августа	92,6	88,4	98,3	93,1
31 августа	100	52,4	91,0	81,1
07 сентября	61,8	12,5	90,2	54,8

Неблагоприятные условия для перезимовки рапса озимого за годы проведения исследований сложились в 2012/2013 г. Продолжительное, более четырех месяцев, залегание высокого снежного покрова (до 38 см) на слабо про-

мерзшей и талой почве привело к интенсивному расходу питательных веществ, а к началу весны – к ослаблению и даже к истощению недостаточно развитых растений поздних сроков сева. Так, при посеве 17–24 августа к весне 2013 г. сохранилось 83,3–96,3 % растений. При первом сроке сева (10 августа) перезимовка у сорта *Лидер* была ниже на 13,9–14,3, у гибрида *Днепр* F₁ – на 14,3–22,4, у гибрида *Вектра* F₁ – на 7,0–12,1 %, что, вероятно, связано с перерастанием растений рапса озимого в летне-осенний период 2012 г. Длина листьев в этих вариантах достигла 32,0–41,2 см, высота точки роста за осенний период вегетации вытянулась до 2,46–4,36 см, что свидетельствует о необходимости применения регуляторов роста в посевах рапса озимого ранних сроков сева.

Сильнее пострадал рапс озимый, высеянный 31 августа и особенно 7 сентября, чему предшествовало слабое развитие растений в осенний период. За 50 и 43 дня осенней вегетации листья на этих вариантах выросли в длину соответственно от 14,2 до 19,7 см, корни – от 10,5 до 14,4 см, диаметр корневой шейки сформировался от 2,9 до 3,8 мм. В результате у сорта *Лидер* гибель растений составила 85,2–86,5 %. У гибридов *Днепр* F₁ и *Вектра* F₁ при посеве 31 августа погибло 66,7 и 47,6 %, при посеве 7 сентября – 82,9 и 87,5 % растений.

Наилучшая перезимовка рапса была в течение зимнего периода 2013/2014 г. и варьировала в зависимости от срока сева в пределах 96,3–100 % у гибрида *Днепр* F₁, 90,6–98,3 % – у гибрида *Вектра* F₁ и 88,9–98,4 % – у сорта *Лидер*.

Таким образом, данные наших опытов подтвердили исследования ученых [6, 7, 10] о том, что хорошо развитые с оптимальными биометрическими параметрами растения рапса озимого могут в значительной степени противостоять неблагоприятным условиям перезимовки.

Выводы

1. Наиболее оптимальные параметры развития растений в условиях центральной части Беларуси рапс озимый формирует при посеве 10–24 августа, продолжительности летне-осенней вегетации 61–75 дней, сумме активных температур 690–927 °С, что способствует высокой перезимовке культуры от 85,8 до 93,8 %.

2. Установлена тесная корреляционная связь между биометрическими параметрами растений перед уходом в зиму и перезимовкой гибрида *Днепр* F₁ ($r=0,71-0,86$). Регрессионный анализ показал, что у гибрида *Днепр* F₁ наибольшее число растений сохранилось к началу весенней вегетации при следующих биометрических параметрах его развития в осенний период: число листьев – 7,7–8,7 шт., диаметр корневой шейки – 6,2–8,3 мм, высота растений – 25–32 см, высота точки роста – 1,2–2,5 см.

Литература

1. Жолік, Г.А. Особенности формирования урожая семян ярового и озимого рапса в зависимости от элементов технологии и факторов среды: Монография / Г.А.Жолік. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. – 188 с.
2. Методические рекомендации по оценке состояния посевов рапса после перезимовки и заморозков / Я.Э. Пиллук [и др.]. – Жодино: Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, 2012. – 36 с.

3. Пампура, В.Д. Установление оптимального срока сева озимого рапса для условий центрального региона нечерноземной зоны / В.Д. Пампура, В.Т. Воловик // «Инновационные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур», посвященной 125-летию со дня рождения В.С. Пустовойта 24-25 февраля 2011г.: сб. материалов. – Краснодар, 2011. – С. 220-223.

4. Пилюк, Я. Э. Возделывание озимого рапса в республике Беларусь / Я.Э. Пилюк, В.М. Беляевский // Международный аграрный журнал. – 2001. – №9. – С. 10–15.

5. Пилюк, Я.Э. Озимый рапс: Особенности сева и ухода в осенний период 2011 / Я.Э. Пилюк // Наше сельское хозяйство – 2011. – №7. – С. 38–44.

6. Пилюк, Я.Э. Рапс в Беларуси (Биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пилюк. – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 240 с.

7. Рапс / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: «ФУАинформ», 1999. – 208 с.

8. Томашов, С.В. Урожайность и экономическая эффективность выращивания рапса озимого в зависимости от срока посева и применения ретарданта / С.В. Томашов, О.Л. Томашова // Научно-практический журнал Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 2(58). – С. 70–74.

9. Устарханова, Э.Г. Исследования по озимому рапсу в условиях неустойчивого увлажнения Краснодарского края / Э.Г. Устарханова // V международная конференция молодых ученых и специалистов, ВНИИМК. – 2009. – С.237-239.

10. Фетохин, И.В. Зимостойкость и продуктивность озимого рапса в зависимости от сроков и норм посева / И.В. Фетохин, Г.Г. Литвинов, К.И. Кусурова // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – №75. – С. 1003–1013.

INFLUENCE OF DIFFERENT SOWING DATES ON PLANT DEVELOPMENT AND OVERWINTERING OF WINTER RAPESEED IN THE CENTRAL PART OF BELARUS

A.A. Borodko

The studies are carried out on the influence of sowing dates on a plant state before wintering and overwintering of different genotypes of winter rapeseed. Duration of vegetation period, warmth and moisture availability in soil determined by sowing dates and climate conditions have a significant effect on winter rapeseed at initial stages of its formation. It's established that winter rapeseed forms the most optimum parameters of growth and development in the Central part of Belarus over 61-75 days of summer-autumn vegetation (sowing time is 10-24 August) at summarized active temperatures of 690-927 °C (+5 °C and higher). The general pattern for all genotypes is shown: reduction of dry matter content from early to later sowing dates (in foliage from 20.92 % to 15.09 %, in roots from 31.50 % to 23.64 %). The indicated factors ensure stably high overwintering of the crop – from 85,8 to 93,8 %. A close correlation is identified between biometrical parameters of the plant before wintering ($r=0,71-0,86$) and overwintering of the hybrid Dnepr F₁.

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВСА ПЛЕНЧАТОГО НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА

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

С.В. Филипченко, старший научный сотрудник

Гомельская областная сельскохозяйственная опытная станция, г. Довск

(Поступила 10.03.2020)

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по определению эффективности сроков сева, норм высева семян и доз азотных удобрений при возделывании овса на дерново-подзолистой легкосуглинистой и супесчаной почве. Установлено, что для получения максимальной урожайности зерна овес следует высевать в ранний срок при наступлении физической спелости почвы с нормой высева 4,0-4,5 млн/га и внесении азота в дозе 90 кг/га д.в. однократно перед посевом или дробно N_{60+30} . 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 и вносить азот перед посевом в дозе N_{90} . Запоздывание с посевом на 14 дней не позволяет компенсировать недобор урожайности овса от нарушения оптимального срока сева за счет увеличения нормы высева семян и уровня азотного питания растений.

Введение. В мировом земледелии овес среди зерновых культур занимает пятое место по посевным площадям. Наибольшие посевные площади его приходятся на Российскую Федерацию (2,7 млн га), Беларусь входит по этому показателю в число 20 стран, лидирующих по посевным площадям этой культуры. В 2015–2019 гг. овес в республике высевался на площади 148–165 тыс. га (6,2–6,7 % от всех зерновых и зернобобовых), в этот период урожайность зерна составляла 22,6–32,8 ц/га, валовой сбор – 342–492 тыс. тонн.

Основными агроприемами, от которых зависит реализация потенциала продуктивности овса, являются уровень азотного питания растений, срок сева и норма высева семян. Овес необходимо высевать в ранние сроки, т.к. это способствует кущению растений, а также развитию вторичных узловых корней и удлиняет период активной вегетации растений [1, 6].

Результаты исследований, ранее проведенных в Беларуси, свидетельствуют о том, что потери урожайности овса от запоздывания со сроками сева различаются в зависимости от уровня минерального питания растений и сортовых особенностей культуры. По данным М.Ф. Концевой [4], посев овса сорта *Кондор* на 10 дней позже оптимального срока снижал урожайность зерна на 3,1–4,3 ц/га в зависимости от уровня минерального питания. В исследованиях В. Молчана и А. Осина [10] установлено, что при возделывании сорта *Эрбграф* запоздывание со сроком сева на 6 дней снижало урожайность зерна на 1,7–4,4 ц/га, а

на 12 дней на 8,0–13,3 ц/га в зависимости от погодных условий в период вегетации растений.

Применение азотных удобрений при возделывании овса зависит от плодородия, гранулометрического состава почвы и наличия в ней влаги [1, 2, 3]. По данным И.М. Богдевича и др. [3], оптимальная доза азота на дерново-подзолистой суглинистой и супесчаной, подстилаемой моренным суглинком, почве составляет N_{120} , а на супесчаной, подстилаемой песком, – N_{90} . По мнению других авторов [7, 8], наибольшая урожайность зерна этой культуры в зависимости от условий возделывания формируется при использовании азота в дозе не более N_{90} .

Важным элементом технологии возделывания овса являются нормы высева, которые зависят от сортовых особенностей, метеорологических условий региона, сроков сева [1, 2]. В 70–80-е годы прошлого века в Беларуси возделывались сорта овса, максимальная урожайность которых формировалась при норме высева 5,0–7,0 млн/га всхожих семян [4, 9]. С созданием отечественного сорта овса интенсивного типа *Буг* и районировании немецкого сорта *Эрбграф* оптимальные нормы высева снизились до 4,5–5,5 млн/га всхожих семян [5, 11].

Целью наших исследований было определение варьирования урожайности зерна новых сортов овса в зависимости от сроков сева, норм высева семян и доз азотного удобрения, а также изучения возможности компенсации недобора урожайности при позднем севе путем регулирования густоты стояния и уровня азотного питания растений.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой (2011–2013 гг.) и супесчаной (2017–2019 гг.) почве, а также в Рогачевском районе Гомельской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (2011–2013 гг.).

Агрохимические показатели пахотного горизонта опытных участков представлены в таблице 1.

При проведении исследований в Смолевичском районе предшественниками овса были озимая рожь и озимая пшеница, в Рогачевском районе – картофель. В 2011–2013 гг. в опытах возделывали сорт *Лидия*, а в 2017–2019 гг. – сорт *Фристайл*. Учетная площадь делянки 20–25 м².

После уборки предшественника проводили лущение стерни и зяблевую вспашку, под которую вносили фосфорно-калийные удобрения (в 2011–2013

Таблица 1 – Характеристика почв опытных участков

Район	Тип почвы	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH _{ксл}
Смолевичский район	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	2,2-2,5	320-360	260-340	5,9-6,3
Смолевичский район	Дерново-подзолистая супесчаная	2,31-2,95	213-230	268-310	5,4-5,8
Рогачевский район	Дерново-подзолистая супесчаная	1,74-2,1	273-372	204-298	5,8-6,0

гг. – $P_{80}K_{120}$, а в 2017–2019 гг. – $P_{60}K_{100}$). Весной при наступлении физической спелости почвы под предпосевную обработку вносили азотное удобрение карбамид в соответствии со схемой опытов, подкормка проводилась этим же удобрением в фазу кущения овса. Норма высева семян сорта *Лидия* составляла 5,0 и 5,5, сорта *Фристайл* – 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0 млн/га всхожих семян. Овес сорта *Фристайл* высевали 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. Уборку овса осуществляли методом прямого комбайнирования с последующим пересчетом урожайности зерна на 100 % чистоту и 14 % влажность. Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе Statistica 6.0, оценка доли участия изучаемых факторов в формировании урожайности осуществлялась по методике Н.А. Плохинского [12].

Результаты исследований и их обсуждение. Изучение влияния доз азотных удобрений на урожайность овса проводилось нами на дерново-подзолистых почвах в два этапа. В 2011–2013 гг. определялась величина прибавки урожайности зерна этой культуры при использовании различных доз азота в условиях разного гранулометрического состава почвы и защиты листового аппарата растений от болезней.

Исследования показали, что в среднем за 2011–2013 гг. наибольшая урожайность зерна овса на двух почвах формировалась при внесении азота в дозе N_{90+30} и защите посевов от болезней (таблица 2). Прибавка урожайности от азотного удобрения на фоне фунгицида Рекс Дуо (0,6 л/га) на легкосуглинистой почве Смолевичского района составила 17,9 ц/га (34,6 %), а на фоне без фунгицида 18,8 ц/га (41,3 %), на супесчаной почве Рогачевского района соответственно 12,7 ц/га (32,3 %) и 11,4 ц/га (32,5 %).

При более низком уровне азотного питания растений (N_{60+30} , N_{90}) в среднем за период исследований отмечалось небольшое снижение урожайности овса по сравнению с максимальной дозой азота (N_{90+30}), которое составило на легкосуглинистой почве без применения фунгицида 2,8–3,6 ц/га (4,4–5,6 %), а при его внесении – 2,4–2,6 ц/га (3,4–3,7 %). На супесчаной почве указанные выше показатели были равны соответственно 1,6–3,4 ц/га (3,4–7,3 %) и 1,8–3,8 ц/га (3,8–7,3 %). При этом следует отметить, что в отдельные годы применение азота в дозе N_{90+30} не обеспечивало достоверной прибавки урожайности в сравнении с применением N_{90} в один прием или дробно N_{60+30} .

При дробном и разовом внесении 90 кг/га д.в. азота не отмечалось достоверных различий по урожайности зерна овса, как при проведении защиты посевов от листовых болезней, так и без нее. На легкосуглинистой почве под влиянием указанных выше доз азотного удобрения (N_{60+30} , N_{90}) прибавка урожайности зерна овса, возделываемого без применения фунгицида, находилась в пределах 15,2–16,0 ц/га (33,4–35,2 %), а при проведении защиты посевов от болезней – 15,3–15,5 ц/га (29,5–29,9 %). На супесчаной почве отмеченные показатели были равны 8,1–9,9 ц/га (23,0–28,1 %) и 8,9–10,9 ц/га (22,6–27,8 %) соответственно.

Таблица 2 – Влияние азотных удобрений и фунгицида на урожайность зерна овса (среднее за 2011–2013 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка от азота		Прибавка от фунгицида	
		ц/га	%	ц/га	%
Без фунгицида					
P ₈₀ K ₁₂₀ – Фон	<u>45,5*</u> 35,1**	-	-	-	-
Фон + N ₆₀	<u>57,6</u> 41,2	<u>12,1</u> 6,1	<u>26,6</u> 17,3	-	-
Фон + N ₆₀₊₃₀	<u>61,5</u> 43,2	<u>16,0</u> 8,1	<u>35,2</u> 23,0	-	-
Фон + N ₉₀	<u>60,7</u> 45,0	<u>15,2</u> 9,9	<u>33,4</u> 28,1	-	-
Фон + N ₉₀₊₃₀	<u>64,3</u> 46,6	<u>18,8</u> 11,4	<u>41,3</u> 32,5	-	-
Рекс Дуо, КС 0,6 л/га в фазу флагового листа					
Фон	<u>51,8</u> 39,3	-	-	<u>6,3</u> 4,2	<u>13,8</u> 11,9
Фон + N ₆₀	<u>63,4</u> 46,3	<u>11,6</u> 7,0	<u>22,4</u> 17,8	<u>5,8</u> 5,1	<u>10,1</u> 12,4
Фон + N ₆₀₊₃₀	<u>67,3</u> 48,2	<u>15,5</u> 8,9	<u>29,9</u> 22,6	<u>5,8</u> 5,0	<u>9,4</u> 11,6
Фон + N ₉₀	<u>67,1</u> 50,2	<u>15,3</u> 10,9	<u>29,5</u> 27,8	<u>6,4</u> 5,2	<u>10,5</u> 11,6
Фон + N ₉₀₊₃₀	<u>69,7</u> 52,0	<u>17,9</u> 12,7	<u>34,6</u> 32,3	<u>5,4</u> 5,4	<u>8,4</u> 11,7

НСР₀₅ частные средние 4,4–5,4*/3,1–4,9**, фактор фунгицид 2,0–2,4/2,2–3,0, фактор азот 3,1–3,8/2,0–3,2

Примечание: * – дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, ** – дерново-подзолистая супесчаная почва.

Наименьшая урожайность зерна овса получена при внесении дозы азота N₆₀. В этом случае в среднем за 3 года прибавка урожайности на легкосуглинистой почве составила в зависимости от применения фунгицида 11,6–12,1 ц/га (22,4–26,6 %), а на супесчаной 6,1–7,0 ц/га (17,3–17,8 %), что в 1,5 раза и 1,8–1,9 раза меньше по сравнению с дозой азота N₉₀₊₃₀.

В сложившихся в период проведения исследований погодных условиях защита посевов овса от листовых болезней по значимости значительно уступала применению азотных удобрений. Использование фунгицида Рекс Дуо, КС (0,6 л/га) при различном уровне азотного питания на легкосуглинистой почве сохраняло 5,4–6,4 ц/га или 8,4–13,8 % зерна, а на супесчаной 4,2–5,4 ц/га (11,7–11,9 %).

Доля влияния фунгицида в изменении урожайности по годам исследований изменялась от 6,3 до 41,9 %, а азота от 37,9 до 84,0 %. Увеличение в 2013 г. доли влияния защиты посевов от листовых болезней до 41,9 % при уменьшении доли, приходящейся на азотное питание (37,9 %), связано с проявлением в посевах овса корончатой ржавчины, которая более вредоносна по сравнению с

красно-бурой пятнистостью, преобладающей в посевах в другие годы исследований.

Принимая во внимание указанные выше результаты исследований, полученные в 2011–2013 гг., было признано целесообразным продолжить в 2017–2019 гг. изучение влияния уровня азотного питания растений овса при разных сроках сева и нормах высева семян этой культуры. Установлено, что наибольшее влияние на урожайность пленчатого овса сорта *Фристайл* в этом опыте оказывали сроки сева. На этот агроприем приходилось 15,5–64,4 % всех изменений указанного выше показателя. Вторым по значимости в сложившихся условиях был уровень азотного питания растений (N_{60} , N_{60+30} , N_{90} , N_{90+30}), который изменял урожайность в пределах 7,6–28,6 %. Под влиянием изучаемых норм высева (4,0–6,0 млн/га) этот показатель изменялся в пределах 3,3–11,1 %.

Наибольшая урожайность зерна овса получена при раннем сроке сева. В среднем по изучаемым нормам высева и дозам азота она составила 58,6 ц/га. При посеве овса через 7 дней после раннего срока урожайность снизилась на 1,8 ц/га или 3,1 %, а через 14 дней на 4,6 ц/га или 7,8 % (таблица 3).

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

Срок сева	Доза азота	Норма высева					
		4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	Среднее
Ранний	60	55,4	56,6	56,5	55,2	53,5	55,4
	90	60,9	61,1	60,3	58,4	56,1	59,4
	60+30 (кущение)	60,7	61,7	60,6	58,7	55,9	59,5
	90+30 (кущение)	62,1	62,5	61,5	59,0	55,7	60,2
	среднее	59,8	60,5	59,7	57,8	55,3	58,6
через 7 дней	60	50,3	52,5	55,5	55,8	53,7	53,6
	90	55,4	56,8	59,4	59,4	56,3	57,5
	60+30 (кущение)	54,7	56,5	58,8	59,0	55,9	57,0
	90+30 (кущение)	57,9	59,0	61,1	60,9	56,9	59,2
	среднее	54,6	56,2	58,7	58,8	55,7	56,8
через 14 дней	60	48,2	49,4	51,7	52,5	52,9	51,0
	90	52,2	53,4	55,5	56,0	55,6	54,5
	60+30 (кущение)	51,8	53,5	55,1	55,7	55,2	54,3
	90+30 (кущение)	54,5	55,5	57,1	57,1	56,4	56,1
	среднее	51,7	53,0	54,8	55,3	55,0	54,0

$HCSP_{05}$ частные средние 3,34–4,55; срок сева 0,74–1,01; уровень азотного питания 0,86–1,17; норма высева 1,0–1,31

Установлено, что максимальная урожайность зерна овса в среднем по изучаемым дозам азота (59,8–60,5 ц/га) формируется при раннем сроке сева с нормами высева 4,0–4,5 млн/га вхожих семян. При запаздывании с севом на 7 дней сопоставимая урожайность получена при высеве 5,0–5,5 млн/га семян.

При раннем посеве овса и применении азота в дозах N_{60+30} , N_{90} , N_{90+30} урожайность зерна в среднем по изучаемым нормам высева составила 59,5;

59,4 и 60,2 ц/га соответственно, т.е. находилась примерно на одном уровне. Использование азота в дозе N_{60} приводило к достоверному снижению урожайности по сравнению с указанными выше его дозами, в зависимости от нормы высева семян недобор урожая находился в пределах 2,2–6,7 ц/га (4,1–12,1 %), достигая максимума при минимальной норме высева 4,0 млн/га.

Следует отметить, что при раннем сроке сева урожайность зерна овса, полученная при посеве 4,0; 4,5; 5,0; 5,5 млн/га семян и применении азота N_{60} существенно не различалась. При посеве овса в ранний срок и через 7, 14 дней позже его дополнительное внесение N_{30} на фоне предпосевого применения N_{90} обеспечивало в среднем по всем нормам высева семян прибавку урожайности зерна соответственно 0,8; 1,7 и 1,6 ц/га, т.е. 1,3; 3,0 и 2,9 %. Результаты статистического анализа не выявили достоверных различий между указанными выше уровнями азотного питания растений ни по одной из изучаемых норм высева семян за весь период исследований, что свидетельствует лишь о наличии тенденции к изменению урожайности в сложившихся погодных условиях.

Полученные результаты дают основание считать, что для формирования максимальной урожайности зерна овса эту культуру следует высевать в ранний срок при наступлении физической спелости почвы с нормой высева семян 4,0–4,5 млн/га и внесении азота N_{90} перед посевом или дробно N_{60+30} . Применение азота в два приема более эффективно во влажные годы и при наличии осадков в период кущения.

В случае, если по каким-либо причинам посев овса не удалось провести в ранний срок и опоздание с проведением этой технологической операции составляет 7 дней, для получения максимальной урожайности норму высева необходимо увеличить до 5,0–5,5 млн/га и использовать азот в дозе N_{90} в предпосевное внесение. Увеличение доз азота и норм высева семян овса в изучаемом диапазоне, при посеве этой культуры через 14 дней после наступления физической спелости почвы, не позволяет компенсировать недобор урожайности от нарушения оптимального срока сева. При позднем посеве наибольшая урожайность зерна (56,0–57,1 ц/га) отмечается при дозах азота N_{90} и N_{90+30} и норме высева семян 5,0–5,5 млн/га, что на 5,1–5,4 ц/га (8,3–8,6 %) ниже по сравнению с ранним сроком сева и оптимальными дозами азота и нормами высева.

Выводы

1. Наибольшая урожайность зерна овса на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаных почвах формируется при внесении азота в дозе N_{90+30} . На суглинистой почве этот показатель в зависимости от проведения защиты посевов от болезней листьев составляет 64,3–69,7 ц/га, а на супесчаной 46,6–52,0 ц/га. Прибавка урожайности от использования азота равна соответственно 17,9–18,8 ц/га (34,6–41,3 %) и 11,4–12,7 ц/га (32,3–32,5 %). В отдельные годы применение азота в дозе N_{90+30} не имеет преимущества в сравнении с дозой азота 90 кг/га д.в., внесенной в один прием или дробно N_{60+30} .

2. Дробное внесение азота в дозе N_{60+30} не имеет существенного преимущества по сравнению однократным внесением N_{90} перед посевом. Прибавка урожайности овса, возделываемого без применения фунгицида, на легкосугли-

нистой почве при внесении 90 кг/га д.в. азота составляет 15,2–16,0 ц/га (33,4–35,2 %), на супесчаной 8,1–9,9 ц/га (23,0–28,1 %). При защите посевов от болезней листьев этот показатель равен 15,3–15,5 ц/га (29,5–29,9 %) и 8,9–10,9 ц/га (22,6–27,8 %) соответственно.

3. Защита посевов овса от листовых болезней при различном уровне азотного питания растений на легкосуглинистой почве сохраняет 5,4–6,4 ц/га (8,4–13,8 %) зерна овса, а на супесчаной – 4,2–5,4 ц/га (11,7–11,9 %).

4. Для получения максимальной урожайности зерна овса его следует высевать в ранний срок при наступлении физической спелости почвы с нормой высева семян 4,0–4,5 млн/га и внесении 90 кг/га д.в. азота перед посевом или дробно N_{60+30} . При запаздывании с посевом на 7 дней норму высева необходимо увеличить до 5,0–5,5 млн/га и вносить азот в дозе N_{90} перед посевом. При запаздывании с посевом на 14 дней увеличение нормы высева и уровня азотного питания растений не позволяет компенсировать недобор урожайности от нарушения оптимального срока сева.

Литература

1. Баталова, Г.А. Овес в Волго-Вятском регионе / Г.А. Баталова. – Киров : Орма, 2013. – 287 с.
2. Богачков, В.И. Овес в Сибири и на Дальнем Востоке / В.И. Богачков. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 127 с.
3. 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. – Выпуск 26. – С. 5–12.
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 красной звезды сельхозох. акад. – Горки, 1975. – 23 с.
5. 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 / Белорусский научно-исследовательский институт земледелия; редкол.: В.П. Самсонов (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Ураджай, 1987. – Вып. 18. – С. 49–52.
6. Культурная флора: / под ред. В.Д. Кобылянского и В.Н. Солдатова. Т. II, ч. 3: Овес / Н.А. Родионова [и др.]. – М.: Колос, 1994. – 367 с.
7. 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 : Сборник научных трудов / Белорусский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии ; редкол.: И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 1998. – Вып. 30. – С. 89–95.
8. 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 : межведомственный тематический сборник / Белорусский научно-исследовательский институт земледелия; редкол.: В.П. Самсонов [и др.]. – Минск : Ураджай, 1991. – Вып. 22. – С. 49–58.
9. Миронович, Е.Е. Влияние норм высева и уровня минерального питания на продуктивность сортов ячменя и овса в условиях северо-западной части БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Е.Е. Миронович; Бел. НИИ земледелия. – Жодино, 1977. – 23 с.
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. краснознамени науч.-исслед. инст. землед. ; редкол.: В. П. Самсонов (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Ураджай, 1991. – С. 114–118.

12. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. Изд. 2-е – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 368 с.

IMPACT OF SOME ELEMENTS OF OATS CULTIVATION TECHNOLOGY ON GRAIN YIELD

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

The paper demonstrates the research results on determining the efficiency of sowing dates and rates of seeds and nitrogen fertilizer doses when cultivating oats on sod-podzolic light loamy and sandy soil. It's established that for obtaining the maximum grain yield oats should be sown at early time, at the beginning of soil tilth and at the sowing rate of 4.0–4.5 mln/ha. Before sowing nitrogen application should be single in a dose of 90 kg/ha of active ingredient or fractional N_{60+30} . When sowing in 7 days after early period the sowing rate should be increased up to 5.0–5.5 mln/ha and nitrogen should be applied in a dose of N_{90} in order to obtain approximately the same yield rate. A fourteen day delay in sowing doesn't enable to compensate for oats yield shortage because of violating the optimal sowing date due to the increase of sowing rates and nitrogen status.

УДК 631.8:633.2

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СОРГО-СУДАНКОВОГО ГИБРИДА

*Г.В. Седукова, кандидат с.-х. наук, Н.В. Кристова мл. научный сотрудник
Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель
(Поступила 10.04.2020)*

Рецензент: Надточаев Н.Ф., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *Представлены результаты по изменению урожайности сорго-суданкового гибрида, возделываемого на дерново-подзолистой супесчаной почве, при применении разной системы удобрений. Показана роль азотных удобрений в дозе N_{70} и N_{90} на фоне внесения фосфора и калия в различных соотношениях в формировании урожайности зеленой массы сорго-суданкового гибрида. Дана сравнительная оценка формирования урожайности зеленой массы гибрида в различных погодных условиях.*

Введение. Кормопроизводство играет основную роль в экономике сельского хозяйства. Существенное влияние на состояние кормовой базы оказывает изменение климата, вызванное превышением среднегодовой температуры над климатической нормой [1]. Участвовавшие засушливые периоды, особенно на почвах легкого гранулометрического состава, резко снижают продуктивность традиционных кормовых культур. Возрастающая потребность в кормах дикту-

ет необходимость введения в систему кормопроизводства новых высокопродуктивных культур, способных обеспечивать стабильно высокие урожаи в условиях недостатка влаги [2, 3]. Особенно актуально расширение посевов сорговых культур: сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида и суданской травы.

Сорго-суданковый гибрид (ССГ) выведен путем скрещивания сорго с суданской травой. У гибридов удачно сочетаются ценные признаки обеих родительских форм – высокая засухоустойчивость и жаростойкость, высокая продуктивность, тонкостебельность, хорошая облиственность и способность к отращиванию после скашивания.

В Государственный реестр сортов внесено семь сортов сорго-суданкового гибрида [4]. Основные направления исследований с сорговыми культурами в нашей стране связаны с разработкой технологических приемов возделывания для более полной реализации продуктивного потенциала в конкретных погодноклиматических условиях для внедрения в полевое кормопроизводство [5, 6]. Важным технологическим приемом является система применения удобрений.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводились путем постановки полевого опыта на дерново-подзолистой слабооподзоленной супесчаной, развивающейся на водно-ледниковых супесях, почве в КСУП «Маложинского» Брагинского района Гомельской области. Экспериментальный участок расположен на почве со средним содержанием подвижного калия (K_2O – 169 мг/кг), высоким содержанием фосфора (P_2O_5 – 341 мг/кг), недостаточным гумуса (1,7%), среднекислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 4,8). Агрохимические показатели почвы опытного участка определяли по общепринятым методикам.

В качестве объекта исследований использовали сорго-суданковый гибрид сорт *Почин 80*. Схема эксперимента включала следующие варианты: контроль, $P_{40}K_{80}$, $N_{70}P_{40}K_{80}$, $N_{90}P_{40}K_{80}$; $P_{40}K_{100}$, $N_{70}P_{40}K_{100}$, $N_{90}P_{40}K_{100}$; $P_{60}K_{80}$, $N_{70}P_{60}K_{80}$, $N_{90}P_{60}K_{80}$; $P_{60}K_{100}$, $N_{70}P_{60}K_{100}$, $N_{90}P_{60}K_{100}$. В качестве минеральных удобрений использовали карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Минеральные удобрения вносили перед посевом культуры. Предшественником являлась кормовая свекла, под которую вносили органические удобрения.

Высевали ССГ в количестве 0,5 млн/га всхожих семян с шириной междурядий 45 см. Общая площадь делянки составила 10 м², учетной – 4 м². Посев проводили в начале третьей декады мая, уборку в конце июля, начале августа в период, когда культура находилась в фазе начала выброса метелки.

Повторность опыта – трехкратная.

Погодные условия в годы проведения исследований существенно различались, что отразилось на урожайности изучаемой культуры. Во все годы исследований среднесуточная температура воздуха на протяжении вегетационного периода была выше среднего многолетнего значения. В 2010 г. средняя температура воздуха за май-июль превысила среднее многолетнее значение в этот период на 2,7–4,8 °С. В 2011 г. превышения данного показателя изменялись от 0,6 °С в мае до 2,6 °С в июле, в 2012 г. – от 0,5 °С в июне до 2,8 °С в июле. Температура воздуха в 2011 г. и 2012 г. была ниже, чем в 2010 г. в среднем на

1,7 С. Сумма осадков, выпавших в период май–август в годы исследований, была выше среднего многолетнего значения, за исключением 2010 г., где отмечался дефицит на уровне 79 мм. Отмечалась неравномерность распределения осадков по месяцам. Например, в апреле в 2012 г. сумма осадков практически в 2 раза была выше среднего многолетнего значения, в то время как в 2010 г. и 2011 г., наоборот, их дефицит достигал 48–55%. По значению гидротермического коэффициента в 2010 г. отмечался недостаток осадков (ГТК=0,7), 2011 г. характеризовался нормальным увлажнением (ГТК=1,2), 2012 г. – избыточно увлажненным (ГТК=1,4).

Результаты исследований. Урожайность зеленой массы ССГ при возделывании его на дерново-подзолистой супесчанной среднекультуренной почве на контрольном варианте (без удобрений) в различных погодных условиях изменялась от 300 ц/га до 487 ц/га. Наиболее урожайным гибридом был в 2011 г., который характеризовался высокой температурой воздуха (на уровне 19-21 °С) и достаточным количеством осадков (более 100 мм) на протяжении июня-июля, т.е. в период активного роста культур. Следует отметить, что урожайность зеленой массы в 2010 г. и 2012 г. отличалась незначительно. Уменьшение урожайности в первый и третий годы исследований обусловлено меньшим количеством осадков по сравнению с 2011 г.

При возделывании культуры на различных фонах минерального питания различия между урожайностью зеленой массы по годам исследований были не одинаковыми. Так, максимальные различия (в 1,6 раза) урожайности зеленой массы в различных условиях увлажнения и температурного режима наблюдались у ССГ на фоне применения $P_{40}K_{100}$.

Урожайность ССГ в первый год исследований в зависимости от системы применения удобрений изменялась от 320 ц/га в контроле до 692 ц/га на фоне внесения NPK в дозе 90:60:100 кг/га д.в., в последующие годы – от 487 до 887 ц/га и от 300 до 548 ц/га соответственно (таблица 1).

Применение $P_{40}K_{80}$ на посевах ССГ способствовало увеличению урожайности зеленой массы на 10 % в 2012 г., на 21 % в 2011 г. и на 28 % в 2010 г. Внесение $P_{40}K_{100}$ позволило дополнительно получить 10 ц/га зеленой массы ССГ в 2010 г. и 2012 г. и 86 ц/га в 2011 г. При увеличении дозы фосфора до 60 на фоне использования K_{80} урожайность зеленой массы культуры увеличилась на 44-46 ц/га по сравнению с $P_{40}K_{80}$. Внесение $P_{60}K_{100}$ обеспечило наибольшую прибавку урожайности зеленой массы среди безазотной системы удобрения во все годы исследований (26 % в 2012 г., 40 % в 2011 г., 48 % в 2010 г.).

Внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{70}P_{40}K_{80}$ увеличило урожайность зеленой массы ССГ по сравнению с контролем на 200 ц/га в 2010 г., на 246 ц/га в 2011 г. и на 134 ц/га в 2012 г. По сравнению с применением системы минеральных удобрений без внесения азота ($P_{40}K_{80}$) урожайность увеличилась на 110 ц/га, 146 ц/га и 104 ц/га соответственно годам исследований. Внесение N_{90} на фоне $P_{40}K_{80}$ обеспечило получение урожайности культуры на 27-68 ц/га выше, чем при внесении $N_{70}P_{40}K_{80}$.

Применение азотных удобрений в дозе 70 кг/га д.в. на фоне внесения $P_{40}K_{100}$ способствовало увеличению урожайности культуры на 60-116 ц/га по

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы ССГ при внесении различных доз минеральных удобрений

Система удобрений	Год исследований					
	2010		2011		2012	
	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю	ц/га	± к контролю
Контроль	320	–	487	–	300	–
P ₄₀ K ₈₀	410	90	587	100	330	30
N ₇₀ P ₄₀ K ₈₀	520	200	733	246	434	134
N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	588	268	760	273	501	201
P ₄₀ K ₁₀₀	420	100	673	186	340	40
N ₇₀ P ₄₀ K ₁₀₀	530	210	733	246	456	156
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	595	275	767	280	512	212
P ₆₀ K ₈₀	456	136	633	146	374	74
N ₇₀ P ₆₀ K ₈₀	552	232	760	273	446	146
N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀	601	281	813	326	521	221
P ₆₀ K ₁₀₀	474	154	680	193	379	79
N ₇₀ P ₆₀ K ₁₀₀	560	240	780	293	457	157
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀	692	372	887	400	548	248
НСР ₀₅		33		65		28

сравнению с вариантом, где азот не вносили. Увеличение дозы азота до 90 кг/га д.в. на фоне P₄₀K₁₀₀ позволило дополнительно получить до 65 ц/га зеленой массы культуры. Внесение азотных удобрений в дозе N₇₀ и одновременном фосфорно-калийных удобрений в дозах P₆₀K₈₀ способствовало получению зеленой массы ССГ соответственно на 96 ц/га, 127 ц/га и 72 ц/га больше по сравнению с безазотным фоном P₆₀K₈₀. Увеличение дозы азотных удобрений на 20 кг/га д.в. на фоне P₆₀K₈₀ повысило урожайность гибрида на 49 ц/га в 2010 г., 53 ц/га в 2011 г. и 75 ц/га в 2012 г.

При внесении N₇₀P₆₀K₁₀₀ максимальная прибавка урожайности зеленой массы ССГ (100 ц/га) по сравнению с фоном P₆₀K₁₀₀ была получена в 2011 г., минимальная (78 ц/га) в 2012 г. При внесении N₉₀ на фоне P₆₀K₁₀₀ урожайность зеленой массы гибрида по сравнению с N₇₀P₆₀K₁₀₀ увеличилась на 132 ц/га, 107 ц/га и 91 ц/га соответственно.

В среднем за период исследований наибольшую урожайность зеленой массы ССГ обеспечили посевы, где азотные удобрения вносили в дозах N₉₀ независимо от соотношения фосфора и калия (рисунок 1).

Прибавка зеленой массы гибрида составила 54; 51; 59 и 110 ц/га, по сравнению с внесением азота в дозе 70 кг/га д.в. на фонах P₄₀K₈₀, P₄₀K₁₀₀, P₆₀K₈₀ и P₆₀K₁₀₀ соответственно. Однако следует отметить, что из-за большой вариативности урожайности по годам указанные различия находились в пределах ошибки средней.

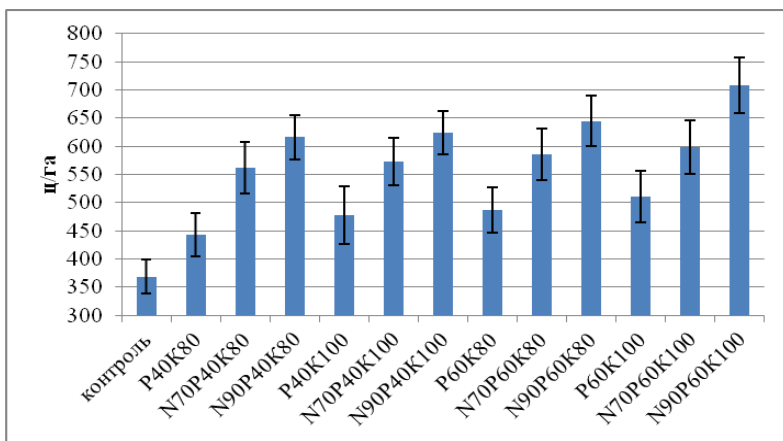


Рисунок 1 – Урожайность зеленой массы сорго-суданкового гибрида (в среднем за 2010-2012 гг.)

Выводы

Внесение полного минерального удобрения существенно увеличивает урожайность сорго-суданкового гибрида при его возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве со средним содержанием K_2O , высоким содержанием P_2O_5 , недостаточным гумуса и среднекислой реакцией почвенной среды. По сравнению с контролем на фонах $P_{40}K_{80}$ и $P_{40}K_{100}$ наибольший сбор зеленой массы гибрида обеспечило внесение азотного удобрения в дозе 90 кг/га д.в. При увеличении дозы фосфора до 60 кг/га д.в. (фоны $P_{60}K_{80}$ и $P_{60}K_{100}$) наблюдался достоверный рост урожайности культуры даже при внесении азота в дозе 70 кг/га д.в. Отмечена тенденция роста урожая зеленой массы ССГ при увеличении дозы азотного удобрения с N_{70} до N_{90} независимо от соотношения фосфора и калия.

Литература

1. Табальчук, Т.Г. Оценка пространственно-временных изменений температурного режима территории Беларуси с использованием данных суточного разрешения: автореф... дис. геогр. наук: 25.03.08 / Т.Г. Табальчук, ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» – Минск, 2019. – 23 с.
2. Стратегия адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://climate.ecopartnerstvo.by/sites/default/files/2017.pdf>. – Дата доступа: 18.09.2019.
3. Национальный доклад: Уязвимость и адаптация к изменению климата в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/Otsenka-ujazvimosti-Belarusi-Rus.pdf>. – Дата доступа: 18.09.2019.
4. Государственный реестр сортов [Электронный ресурс] / ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений» – Режим доступа: <http://sorttest.by/index.html>. – Дата доступа: 19.02.2020.
5. 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. – 20 с.

6. *Блохина, Е.А.* Продуктивность гибридов сорго в зависимости от сроков посева и условий питания в северо-восточном регионе Беларуси: автореф. дис. канд.с.-х. наук: 06.01.09 / Е.А. Блохина; УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» – Горки. 2016. – 25 с.

7. *Волосач, И.А.* Чернобыльской катастрофе 33 года / И.А. Волосач // Министерство сельского хозяйства Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/news/fddefe418bff9e00.html>. – Дата доступа: 19.09.2019.

INFLUENCE OF FERTILIZER SYSTEM ON THE GREEN MASS YIELD OF A SORGHUM-SUDAN HYBRID

G.V. Sedukova, N.V. Kristova

The results are presented on the change of the yield of a sorghum-sudan hybrid cultivated on sod-podzolic sandy loam soil with the use of a different fertilizer system. The role of nitrogen fertilizers in a dose of N₇₀ and N₉₀ against a background of application of phosphorus and potassium in various doses in green mass formation of a sorghum-sudan hybrid is shown. A comparative evaluation of the yield formation of hybrid green mass under various weather conditions is presented.

УДК 633.521:631.527

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЗ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОЛОКНА У ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА*

И.Н. Блохина, аспирант

РУП «Институт льна»

(Поступила 29.04.2020)

Рецензент: Будевич Г.В., канд. биол. наук

***Аннотация.** В статье изложены результаты исследований по влиянию доз азотного удобрения на качество длинного трепаного волокна на двух фонах минерального азота (18 и 35 кг/га д.в.) сортов отечественной и зарубежной*

**Работа выполнена под руководством доктора с.-х. наук, академика И.А. Голуба ной селекции льна-долгунца. Их сравнительное изучение позволило выявить отечественные сорта, которые при повышении дозы азотного удобрения до 35 кг/га д.в. способны сохранить свой номер длинного трепаного волокна на уровне 11 единиц (Ярок, Дукат, Лада, Мара, Рубин, Малахит). Выделен сорт Ветразь, который при увеличении дозы азота до 35 кг/га д.в. повышает номер длинного трепаного волокна до 12 единиц. Из сортов зарубежной селекции льна-долгунца нами были выделены Alizee, Silva, Vivea, Versailles, 363-4, обеспечивающие качество длинного трепаного волокна на фоне минерального азота 18 кг/га д.в. с номером 11.*

Введение. Одним из факторов, определяющих урожайность льна-долгунца, увеличение рентабельности и качества конечного продукта, является

наличие сортов, способных реализовать свой генетический потенциал в меняющихся условиях среды. Использование сорта, адаптивного к средствам интенсификации культуры, наименее затратное и в то же время наиболее доступное и безопасное для окружающей среды средство повышения урожайности. При этом необходимо учитывать, что на дерново-подзолистых почвах, которые характерны для условий Беларуси [1], применение минерального азота определяет как величину, так и качество урожая у всех сельскохозяйственных культур [2, 3], в том числе и льна-долгунца [4]. До настоящего времени использование доз минерального азота при возделывании льна-долгунца, особенно в Беларуси, является предметом дискуссии [5, 6]. Диапазон доз азотного удобрения для льна-долгунца определяется плодородием почвы и предшествующими культурами, которые обогащают почву азотом или истощают ее. В исследованиях многих авторов оптимальные дозы азотного удобрения для льна рекомендуются в пределах 10-30 кг/га д.в. азота [7].

В исследованиях С.П. Кукреша установлено, что разные сорта льна в одинаковой мере усваивают элементы питания из удобрений и почвы, что влияет на рост и развитие растений, формирование урожайности и качество льнопродукции, окупаемость удобрений прибавкой урожая. Лучшие условия складываются при внесении оптимальных доз удобрений: для раннеспелых сортов

М-12, Вита – $N_{15}P_{60}K_{90}$, *Родник, Призыв* – $N_{30}P_{60}K_{90}$, для среднеспелых *Нива, Сигнал, Лира, Будовник, Згода, Е-68* – $N_{30}P_{60}K_{90}$, *Дашковский* – $N_{15-30}P_{60}K_{90}$, для позднеспелого *К-65* – $N_{30-45}P_{60}K_{90}$ [8]. Исследованиями В.А. Прудникова и П.А. Евсеева установлено, что при возделывании льна-долгунца сорта *Левит 1* на суглинистой почве с содержанием гумуса 1,70–1,75 % после зерновых культур оптимальной дозой азотного удобрения может быть 15–20 кг/га д.в. при густоте стеблестоя к уборке 1550–1800 шт. на квадратном метре [9], а также при возделывании среднеспелого сорта льна-долгунца *Блакит* при размещении посева после зерновых предшественников оптимальными являются доза азотного удобрения N_{20-30} и норма высева 21–22 млн всхожих семян на гектар [10]. Поэтому создание сортов льна-долгунца, эффективно использующих азотные удобрения, остается важнейшей задачей при их создании. Для успешного ее решения с помощью селекционных методов и гибридизации необходимо использовать, в частности, родительские формы не только с высокой урожайностью льнопродукции (треста, волокно, семена), но и, прежде всего, образцы, обладающее высоким качеством волокна, которое является основным продуктом, ради которого возделывается долгунцовый лен.

Сложность подбора исходного материала и отдельных генотипов в популяции заключается в широкой модификационной изменчивости показателей качества. Кроме того, имеет место ограниченность генофонда для выбора надежных источников качества волокна. Поэтому целью наших исследований стало изучение исходного материала льна-долгунца на двух фонах минерального азота: 18 кг/га д.в. и 35 кг/га д.в. в целях создания сортов, способных эффективно использовать минеральный азот.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2018–2019 гг. на полях РУП «Институт льна». Агрохимические показатели почвы: содержание гумуса – 1,8 %, кислотность почвы рН (КСИ) – 5,4–5,8, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 130–375 мг/кг почвы, калия (K_2O) – 108–116 мг/кг почвы. Предшественник – озимые зерновые. Гидротермический коэффициент по Селянинову в 2018 г. был 1,72 (избыточно влажный) в 2019 г. – 1,54 (оптимально влажный). Однако в критические фазы онтогенеза при формировании волокна (от фазы «елочка» до фазы бутонизация) условия складывались по-разному как по количеству выпавших осадков, так и по температурному режиму. В качестве объектов исследования использовали образцы белорусской и французской селекции в двух равновеликих группах по 10 сортов на двух фонах минерального азота: 18 кг/га д.в. и 35 кг/га д.в. в целях выделения сортов, способных эффективно использовать минеральный азот. Посев был проведен вручную рядовым способом с междурядьем 10 см, между образцами – 20 см.

Результаты исследований и их обсуждение. Для успешной селекции на качество волокна необходимо отбирать образцы с высоким номером волокна, который является суммирующим показателем таких признаков как горстевая длина, цвет, гибкость, разрывная нагрузка. Инструментальный анализ длинного трепаного волокна по каждому из них позволил установить наличие сортового полиморфизма по реакции на повышенный фон азотного питания как у белорусских, так и у французских образцов.

Для выпуска конкурентоспособной продукции очень большое значение имеет показатель «разрывная нагрузка», который определяется в ньютонах (Н). Он указывает наибольшее усилие, выдерживаемое пробой льняного волокна до разрыва, характеризующее его прочность. Высокая разрывная нагрузка характеризует пригодность волокна для производства технических тканей, в то время как для производства льняной одежды вполне можно использовать волокно с невысокими показателями прочности, поэтому неслучайно все французские образцы имеют более низкий показатель прочности по сравнению с белорусскими, в то время как у белорусских образцов лишь два сорта *Малахит* и *Фаворит* повышают этот показатель на более высоком фоне азота (35 кг/га д.в.). Сорт *Ярок* показал стабильность на двух фонах, остальные семь образцов имеют выраженную тенденцию к снижению показателя разрывной нагрузки на фоне 35 кг/га д.в., также как французские образцы.

Гибкость льняного волокна – это способность горизонтально свисающего волокна свободно изгибаться над воздействием собственного веса. Измеряется гибкость в миллиметрах. Наиболее часто параметры гибкости находятся в пределах 25–60 мм [11]. Пределы гибкости у белорусских образцов находились на фоне 18 кг/га д.в. от 34 мм до 45 мм соответственно, т.е. существенных различий по этому показателю на двух анализируемых фонах нами не обнаружено.

Цвет льняного волокна зависит в большей степени от содержания нецеллюлозных примесей в волокне. Самое лучшее льняное волокно имеет светло-серый цвет с блеском с минимальным количеством инкрустирующих веществ,

снижающих его качество. Именно цвет волокна определяет перспективы его использования для экспортно ориентированной продукции.

Обращает на себя внимание такой факт, что на фоне 18 кг/га д.в. 4-тую группу цвета имели шесть образцов белорусских и столько же французских (таблица 1), на фоне 35 кг/га д.в. лишь один образец *Versailles* сохранил эту группу, остальные ухудшали качество волокна до третьей, а образец *Novea* вообще имел лишь вторую группу цвета, и, как следствие, номер волокна был низким (таблица 1). У белорусских сортов *Фаворит* и *Могилевский* этот показатель снизился на фоне 35 кг/га д.в. азота, на фоне 18 кг/га д.в. номер волокна был 12. При выборе образца для дальнейшей селекционной работы очень важно оценивать у него стабильность показателя цвет волокна. Именно это показатель по нашему мнению, должен учитываться в первую очередь при подборе исходного материала для дальнейшей селекционной работы, поскольку относительно легко определяется визуально и не требует более сложной инструментальной оценки, как это имеет место для оценки других показателей.

Таблица 1 – Влияние доз азотного удобрения на качественные показатели длинного волокна на двух фонах минерального азота у образцов отечественной и зарубежной селекции (среднее за 2018-2019 гг.)

Образец	Горстевая длина, см		Цвет, группа		Гибкость, мм		Разрывная нагрузка, Н		Номер волокна	
	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅
Ярок	59	58	4	3	45	44	223	223	11	11
Дукат	58	56	4	4	39	43	236	193	11	11
Лада	58	57	3	3	40	38	222	215	11	11
Мара	58	59	3	3	37	45	230	209	11	11
Рубин	58	58	3	4	40	40	232	219	11	11
Малахит	56	56	4	4	46	41	195	207	11	11
Могилевский	59	58	4	3	45	45	231	219	12	11
Ветразь	58	58	4	4	39	43	239	224	11	12
Фаворит	56	56	4	3	39	38	248	261	12	11
Грант	54	54	3	2	36	34	220	188	10	9
Drakkar	57	58	3	3	35	36	222	197	10	10
Alize	56	58	3	3	41	38	225	204	11	10
Silva	54	55	4	3	41	38	204	182	11	10
Aramis	56	57	3	3	34	34	250	187	10	10
Eden	56	55	4	3	42	32	187	154	10	9
Evea	54	54	4	3	39	33	193	148	10	9
Novea	58	57	3	2	39	39	228	169	11	9
Vivea	57	60	4	3	36	35	236	174	11	10
Versailles	56	52	4	4	44	41	230	189	11	10
363-4	55	48	4	3	51	42	211	146	11	9

Следует отметить, что белорусский сорт *Грант*, как и французский *Novea* имеет низкую группу цвета чесаного волокна (2 группа) на фоне азота 35 кг/га

д.в., что снижает целесообразность его использования в качестве компонента для гибридизации согласно ГОСТ 2383-80 «Треста льняная» [12]. Вторая группа цвета имеет цвет желтый или темно-серый с зеленым оттенком, сочетающийся с более низкой гибкостью волокна, тониной и расчетной добротностью пряжи.

Средняя урожайность общего и длинного волокна на фоне азота 18 кг/га д.в. в группе белорусских образцов составила 143,7 г/м² и 119,1 г/м², в то время как образцы зарубежной селекции обеспечивали получение общего и длинного волокна на уровне 140,1 г/м² и 114,1 г/м² (таблица 2). На фоне N₃₅ данные показатели у образцов отечественной селекции составили 126,1 г/м² и 107,2 г/м², у французских – 122,7 г/м² и 95,7 г/м².

Таблица 2 – Характеристика образцов по признакам урожайности и содержания волокна в зависимости от фона минерального азота (среднее за 2018–2019 гг.)

Образец	Урожайность волокна, г/м ²				Содержание, %			
	Общее		Длинное		Общее		Длинное	
	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅	N ₁₈	N ₃₅
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ярок	149,4	131,4	125,8	113,6	31,4	29,3	26,5	25,5
Дукат	148,0	135,5	126,7	116,3	31,9	29,8	27,4	25,7
Лада	153,2	141,2	126,7	118,4	29,1	27,7	24,2	23,3
Мара	148,5	134,9	124,2	113,2	31,1	30,3	26,2	25,5
Рубин	149,3	122,1	120,9	104,3	30,8	28,7	24,9	24,6
Малахит	130,2	119,7	105,0	99,7	29,1	30,7	23,5	25,5
Могилевский	125,3	115,5	106,7	96,0	29,2	28,2	25,0	23,1
Ветразь	141,2	121,4	120,9	103,7	31,7	30,1	27,3	25,6
Фаворит	138,3	112,1	112,5	100,0	31,0	29,5	25,3	26,3
Грант	154,0	127,0	121,7	106,4	31,0	30,2	24,6	25,0
Drakkar	141,5	130,4	116,7	103,8	30,6	27,6	25,4	21,9
Alizee	135,0	141,0	116,7	116,7	29,7	32,5	25,7	26,7
Silva	90,4	94,4	73,3	66,7	24,7	26,3	20,1	18,2
Aramis	153,4	135,3	117,5	108,0	30,0	31,4	23,3	24,8
Eden	172,3	133,8	139,2	102,5	33,2	27,4	27,0	20,6
Evea	182,1	145,7	148,7	110,0	35,0	32,1	28,6	24,4
Novea	164,1	144,1	131,7	115,9	31,5	30,9	25,6	24,7
Vivea	179,3	152,1	156,7	123,4	33,1	32,4	29,0	26,3
Versailles	107,1	90,9	80,8	70,0	23,9	23,3	18,2	17,9
363-4	75,6	59,7	60,0	39,9	21,3	20,9	16,7	14,1
Среднее по выборке	141,9	124,4	116,6	101,4	30,0	29,0	24,7	23,5
Среднее по группе белорусских образцов	143,7	126,1	119,1	107,2	30,6	29,5	25,5	25,0

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее по группе французских образцов	1401,	122,7	114,1	95,7	29,3	28,5	24,0	22,0
НСР ₀₅	18,7- 23,9	20,2- 23,9	17,1- 20,1	18,1- 20,1	2,4- 4,8	2,4- 2,8	2,4- 4,6	2,4- 3,3

Среднее содержание общего и длинного волокна в тресте на фоне N₁₈ в группе белорусских образцов составило 30,6 % и 25,5 % соответственно, у образцов французской группы – 28,5 % и 24,0 % соответственно. Основная продукция, ради которой возделывают лен-долгунец – это длинное волокно. В целом, у образцов белорусской группы содержание длинного волокна на фоне N₁₈ было на 10 % выше по сравнению с французскими образцами, и на 11,3 % – на фоне N₃₅.

Инструментальный анализ номера длинного чесаного волокна показал, что повышение дозы минерального азота до N₃₅ ведет к снижению данного показателя как у отечественных образцов, так и зарубежных. Однако среди образцов белорусской группы можно выделить *Ветразь*, который при повышении дозы минерального азота способен повысить номер волокна с 11 до 12 единиц.

Выводы

Сравнительное изучение коллекционных образцов позволило выявить отечественные образцы, которые при повышении дозы азотного удобрения способны сохранить свой номер длинного трепаного волокна на уровне 11 единиц (*Ярок, Дукат, Лада, Мара, Рубин, Малахит*). Неолбходимо отметить образец белорусской селекции *Ветразь*, который при повышении дозы азота до 35 кг/га д.в. способен повысить свой номер волокна до 12 единиц. Из зарубежных образцов заслуживают внимания *Alize, Silva, Vivea, Versailles, 363-4*, обеспечивающие качество длинного трепаного волокна на фоне азота 18 кг/га д.в. номер 11.

Литература

1. *Цытрон, Г.С.* Антропогенный фактор почвообразования и эволюция почв / Г. С. Цытрон [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2015. – №3. – С. 40–45.
2. *Лапа, В.В.* Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В.Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2002 – 184 с.
3. *Агрохимия: учебник для вузов / И.Р. Вильдфлуш [и др.] / 2-е изд. – Минск: Ураджай, 2001. – 487 с.*
4. *Прудников, В.А.* Исследования по агротехнике льна / В. А. Прудников. – Минск, 2016. – 174 с.
5. *Прудников, В.А.* Эффективность азотного удобрения на льне-долгунце в зависимости от погодных условий вегетационного периода / В.А. Прудников // Земляробства і ахова раслін. – 2010. – №6. – С. 22-25.

6. Кукреш, С.П. Основные направления и результаты научных агрохимических исследований по льну-долгунцу в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии / С.П. Кукреш, А.Р. Цыганов, С.Ф. Ходянкova // Сейбит. Специальный выпуск, июль 2003. – С. 31.

7. Кукреш, С.П. Влияние уровней минерального питания и регуляторов роста на урожайность и качество новых сортов льна-долгунца / С.П. Кукреш [и др.] // Проблема питания растений и использование удобрений в современных условиях : матер. Межд. науч.-практ. конф. – Жодино: БелНИИЗиК, 2000. – С. 253-257.

8. Кукреш, С.П. Агрохимическое обоснование энергосберегающих приемов повышения урожайности и качества льна-долгунца в Беларуси: Монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – С. 26.

9. Прудников, В.А. Урожайность и качество волокна льна-долгунца сорта Левит 1 в зависимости от доз азота и густоты стеблестоя / В.А. Прудников, П.А. Евсеев, Д.А. Белов // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – №4. – С. 23–26.

10. Евсеев, П.А. Зависимость урожайности льна-долгунца сорта Блакит от дозы азотного удобрения и нормы высева / П.А. Евсеев, В.А. Прудников // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – №6. – С. 13–16.

11. Борисовская, Л.В. О волокне, пряже, тканях и изделиях / Л.В. Борисовская / Льноводство Беларуси : сб. науч. ст. / РУП «Институт льна» : редкол. И. А. Голуб [и др.]. - Минск: Бел. наука, 2015. – С. 203–209.

12. Егоров, М.Е. Обоснование стандартных образцов цвета трепаного волокна / М.Е. Егоров, М.П. Волкова // Экономика, механизация и первичная обработка льна: сб. науч. тр. ВНИИЛ. – Торжок. – Вып XX. – 1983. – С. 162–166.

APPLICATION OF MINERAL NITROGEN DOSES FOR ASSESSMENT OF THE FIBRE QUALITY OF FIBRE FLAX INITIAL MATERIAL

I.N. Blokhina

The article presents the results of the research on the effect of doses of nitrogen fertilizer on the quality of long rolled and beaten fiber of flax varieties of domestic and foreign breeding against two backgrounds of mineral nitrogen (18 kg/ha of active ingredient and 35 kg/ha of active ingredient). The comparative study enabled to identify domestic varieties, which were able to maintain their number of rolled and beaten fiber at the level of 11 units (Yarok, Dukat, Lada, Mara, Rubin, Malakhit), when increasing the dose of nitrogen fertilizer up to 35 kg/ha. The variety Vetrax was identified, which increased the number of rolled and beaten fiber up to 12 units with the increase of the nitrogen dose up to 35 kg / ha of active ingredient. The varieties Alizee, Silva, Video, Versailles ensuring the quality of long rolled and beaten fiber with number 11 against the background of mineral nitrogen of 18 kg / ha were selected among the varieties of foreign breeding.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПОВТОРНОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ ПОСЛЕ УБОРКИ НА ЗЕРНО ИЛИ СИЛОС

Г.Н. Куркина, аспирант

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино
(Поступила 11.03.2020)*

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

Аннотация. По данным двухлетних исследований, проведенных на связно-супесчаной почве, установлено, что запашка соломы после уборки кукурузы на зерно позволяет уменьшить дозу азота до 90 кг/га, в то время как при повторном ее возделывании после уборки на силос наибольшая урожайность и величина чистого дохода получены при дозе азота 150 кг/га д.в., внесенных дробно. Запашка соломы в большей степени влияет на рост урожайности листостебельной массы повторной кукурузы, поэтому во второй год ее экономически более выгодно убирать на силос и выращивать при минимуме применения минеральных удобрений ($N_{90}P_0K_{0-90}$) на почвах, содержащих в пахотном слое 2,7 % гумуса, 200 мг P_2O_5 , 286 мг/кг K_2O .

Введение. Интенсивное использование почв пахотных земель в полевых севооборотах снижает потенциальное плодородие почвы: уменьшается содержание гумуса, количество питательных легкоусвояемых веществ, повышается кислотность [1, 2]. В этой связи незаменима роль органических удобрений, которые в результате постепенного высвобождения элементов питания способны обеспечивать растения этими элементами на протяжении всего вегетационного периода. Стандартным органическим удобрением является подстилочный навоз, однако нужно учитывать затратность его транспортировки на удаленные поля [3, 4] и переход на бесподстилочное содержание скота [5]. В результате сокращения применения органических удобрений в пахотных землях Беларуси в большинстве районов отмечается снижение содержания фосфора, калия и гумуса [6], поэтому применение биологических факторов интенсификации в настоящее время является экономической и экологической необходимостью [7].

Запашка соломы возделываемых культур может стать альтернативой солоmistому навозу. Солома без остатка повторно включается в круговорот минерального и органического питания растений для формирования новой биомассы [4]. По содержанию углерода солома (сухая масса) в 3,5–4 раза превосходит подстилочный навоз: из 1 т сухой соломы может образоваться 150 кг гумуса, в то время как из 1 т солоmistого навоза – 40–50 кг [8, 9]. По данным проведенных исследований при урожайности зерна 60 ц/га в почву с листостебельной массой запахивается около 50 ц органического вещества (что эквивалентно 25 т подстилочного навоза), около 40 кг/га азота, 20 кг/га фосфора и 100 кг/га калия [10].

Процесс разложения запаханной соломы, как и любого другого органического вещества, внесенного в почву, является сложным и многоступенчатым. Наиболее интенсивно разложение соломы протекает в течение первых 3 месяцев после ее закладки в почву. За этот период разлагается около 30–50% от ее исходного количества (за год потери соломы достигают 50–80%), оставшая часть минерализуется позднее [11]. На скорость разложения соломы влияют степень измельчения и способ обработки почвы. Основная часть калия (82–92% от исходного содержания), 40–59% фосфора и 8–31% азота высвобождаются из соломы уже осенью. В течение года калий высвобождается на 95–99%, фосфор – на 70–90%, азот – всего на 50–60% [8].

В исследованиях, проведенных в 2008–2011 гг. в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» на дерново-подзолистой супесчаной на морене почве и в СПК «Щемяслица» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, установлено, что наиболее интенсивно минерализация соломы протекала в течение первых двух месяцев после закладки опыта. За этот период степень минерализации соломы кукурузы составила 40–48%. Внесение компенсирующих доз азота увеличивало минерализацию на 6–12% по сравнению с вариантами без азота. В последующем наблюдалось нивелирование в степени минерализации между вариантами без азота и при удобрении азотом. Через 11 месяцев солома кукурузы минерализовалась в среднем на 83% [11].

Наряду с увеличением содержания элементов питания в почве запахивание соломы создает условия для дополнительного накопления влаги в пахотном слое в количестве 9–11 мм, последнее имеет существенное значение в засушливые годы и положительно сказывается на урожайности [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 2,70% гумуса, 200 мг/кг P_2O_5 , 286 мг/кг почвы K_2O , pH – 6,14.

Предшественник – кукуруза, убранная на зерно с последующей запашкой соломы и на силос с использованием на эти цели всей вегетативной части урожая. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование, культивацию с боронованием и предпосевную обработку АКШ. Посев гибрида *Колizeй* осуществлялся 3 мая в 2018 г., 18 апреля в 2019 г., всходы отмечены 11.05 в 2018 г. и 10.05 в 2019 г. Норма высева – 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. Повторность – четырехкратная. Схема опыта включала 10 вариантов внесения минеральных удобрений (таблица 1), навоз КРС (60 т/га) – в последствии.

Температурные условия в 2018 г. оказались очень благоприятными для роста и развития кукурузы на протяжении всего вегетационного периода. Во второй и третий летние месяцы, когда отмечается максимальная потребность растений кукурузы в воде, наблюдалось достаточное выпадение осадков, поэтому критический период также проходил в благоприятных условиях.

Таблица 1 – Схема опыта

Вариант внесения минеральных удобрений (фактор А)	Способ использования урожая предшествующей кукурузы (фактор В)	
Контроль (без удобрений)	Уборка на зерно с запашкой соломы (а)	Уборка всей биомассы на силос (б)
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀		
N ₉₀ P ₀ K ₉₀		
N ₉₀ P ₀ K ₀		
N ₉₀ P ₀ K ₄₅		
N ₃₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅		
N ₁₂₀ P ₀ K ₄₅		
N ₆₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅		
N ₁₅₀ P ₀ K ₄₅		
N ₉₀₊₆₀ P ₀ K ₄₅		

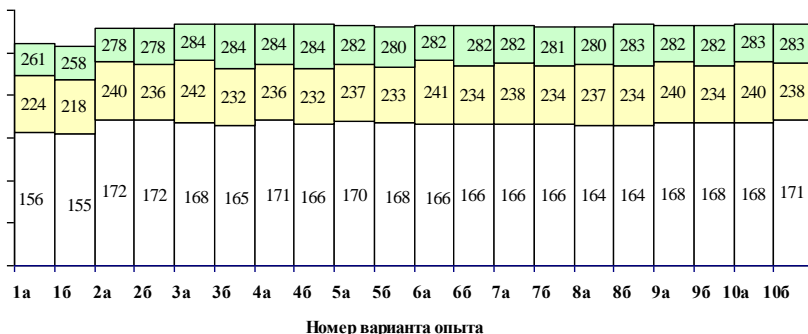
Погодные условия 2019 г. также складывались благоприятно для формирования высокого урожая. Отличительной особенностью данного года являются ранние осенние морозы (–2 °С в ночь на 24 и 25 сентября), после которых длительное время была холодная и дождливая погода. В результате морозов листовая поверхность растений полностью погибла.

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2018 г. составила 1145 °С, в 2019 г. – 981 °С при норме 822 °С. С мая по сентябрь в 2018 году по данным метеостанции Борисов выпало 297 мм, в 2019 г. – 384 мм при норме 370 мм.

Исследования проведены в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с кукурузой [12].

Результаты исследований. Измерение высоты растений кукурузы в динамике показало, что при использовании минеральных удобрений на 15 июля разница по высоте растений относительно контроля в среднем составила 7,7%. На фоне запашки соломы она на 1 см больше относительно фона без нее. Самые высокорослые растения отмечены в варианте с применением N₉₀P₀K₉₀. К окончанию роста растений их высота не зависела от применяемого в опыте фона (с запашкой кукурузной соломы осенью или без нее) и в среднем в вариантах с применением минеральных удобрений равнялась 282 см. В то же время в контроле запашка соломы повышала высоту растений на 3 см: 261 и 258 см соответственно, что существенно ниже, чем при внесении удобрений – 278–284 см (рисунок 1).

Учет урожая в 2018 г. показал, что в контрольном варианте на фоне запашки листостебельной массы урожайность початков составила 158 ц/га, на удобрённых вариантах – 187–193 ц/га. На фоне без листостебельной массы урожайность початков в контроле на 12 ц/га или 7,6% ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 178–190 ц/га. Повышенные дозы азота с 90 до 120–150 кг/га приближало этот показатель к урожайности, полученной на фоне запашки кукурузной соломы.



□ 1 июля	□ 15 июля	□ 1 августа
----------	-----------	-------------

(а – уборка на зерно, б – уборка на силос)

Рисунок 1 – Действие минеральных удобрений и соломы на высоту растений, см (среднее за 2018–2019 гг.)

Более заметно положительная роль увеличения урожайности от использования кукурузной соломы проявилась на листостебельной массе. Так, средняя по вариантам урожайность листостебельной массы кукурузы на фоне заправки соломы составила 254 ц/га, без нее – 231 ц/га, тогда как початков – 186 ц/га и 182 ц/га соответственно.

В 2019 г. урожайность початков в контрольном варианте на фоне заправки соломы составила 176 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 215–228 ц/га. На фоне уборки кукурузы на силос урожайность початков в контроле была на 10 ц/га или 5,7% ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 212–228 ц/га. Подобно предыдущему году повышенные дозы азота с 90 до 120–150 кг/га приближало этот показатель к урожайности, полученной на фоне заправки кукурузной соломы. Как и в 2018 г., положительная роль от использования кукурузной соломы более заметно проявилась на урожайности листостебельной массы. Так, средняя по вариантам урожайность листостебельной массы кукурузы на фоне заправки соломы составила 271 ц/га, без нее – 253 ц/га, тогда как початков – 216 ц/га и 212 ц/га соответственно.

В среднем за 2 года урожайность початков в контрольном варианте на фоне заправки соломы составила 167 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 201–208 ц/га (рисунок 2). На фоне без заправки соломы урожайность початков в контроле была на 11 ц/га ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 196–209 ц/га. Средняя по вариантам урожайность листостебельной массы кукурузы на фоне заправки соломы составила 262 ц/га, без нее – 242 ц/га, тогда как початков – 201 ц/га и 197 ц/га соответственно.

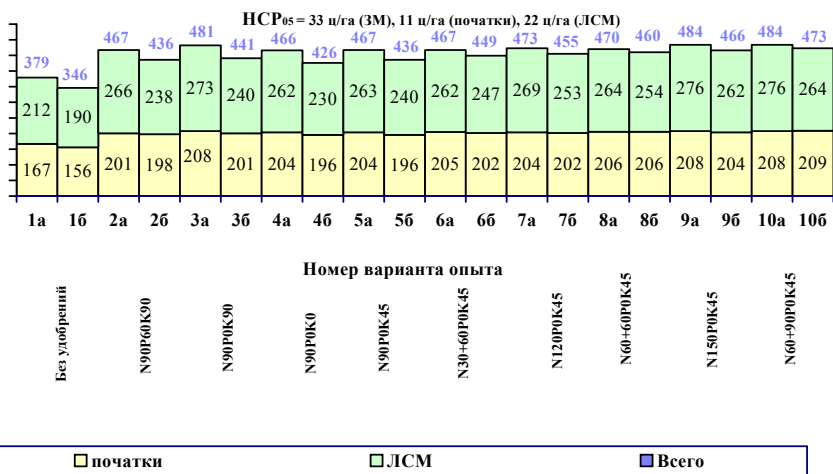


Рисунок 2 – Урожайность зеленой массы кукурузы под действием удобрений в среднем за 2018-2019 гг., ц/га
(а – уборка на зерно, б – уборка на силос)

Урожайность сухого вещества початков в контрольном варианте на фоне заправки соломы в 2018 г. составила 93,3 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 105,2–111,3 ц/га. На фоне без заправки соломы урожайность початков в контроле была на 6,1 ц/га или 6,5% ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 104,3–112,7 ц/га. Средняя по вариантам урожайность сухого вещества початков на фоне заправки соломы и без нее – равная (107,4 и 107,1 ц/га), тогда как листостебельной массы – выше на 5,3 ц/га (68,4 и 63,1 ц/га соответственно). Варианты без внесения минеральных удобрений существенно уступали вариантам с их применением. В вариантах с разовым внесением 90 кг/га азота за счет листостебельной массы заметно увеличивался общий сбор сухого вещества кукурузы. Исключение фосфорно-калийных удобрений на фоне убранный на силос предшествующей кукурузы приводило к существенному недобору урожая сухого вещества кукурузы в следующий год, где, не считая контроля, получен самый низкий его сбор.

В 2019 г. урожайность сухого вещества початков в контрольном варианте на фоне заправки соломы составила 91,5 ц/га, на удобренных минеральными удобрениями – 113,8–118,5 ц/га. На фоне без заправки соломы урожайность початков в контроле была на 5,4 ц/га ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 111,4–120,4 ц/га. Средняя по вариантам урожайность сухого вещества початков на фоне заправки соломы составила 113,6 ц/га, без нее – 110,9 ц/га, листостебельной массы – 75,5 и 70,4 ц/га соответственно. Заправка кукурузной соломы во всех вариантах опыта повышала сбор сухого вещества в листостебельной массе. По урожайности сухого вещества в початках этого не наблюдалось в варианте с дробным внесением

150 кг/га азота. Подобно предыдущему году исключение фосфорно-калийных удобрений на фоне убранной на силос предшествующей кукурузы приводило к существенному недобору урожая сухого вещества кукурузы в следующий год, где, не считая контроля, получен самый низкий его сбор.

В среднем за 2 года урожайность сухого вещества початков в контроле на фоне запашки соломы составила 92,4 ц/га, в вариантах, удобренных минеральными удобрениями, – 111,0–114,6 ц/га (рисунок 3). На фоне без запашки соломы урожайность початков в контроле была на 5,8 ц/га ниже. В вариантах с применением минеральных удобрений она возросла до 107,9–116,6 ц/га. Средняя по вариантам урожайность сухого вещества початков на фоне запашки соломы составила 110,5 ц/га, без нее – 109,0 ц/га, листостебельной массы – 72,0 и 66,8 ц/га соответственно. Запашка кукурузной соломы во всех вариантах опыта повышала сбор сухого вещества в листостебельной массе. По урожайности сухого вещества в початках этого не наблюдалось в вариантах с применением 120–150 кг/га азота и с дробным внесением его в дозе 90 кг/га. Исключение фосфорно-калийных удобрений на фоне убранной на силос предшествующей кукурузы приводило к существенному недобору урожая сухого веществ кукурузы в следующий год, где, не считая контроля, получен самый низкий его сбор.

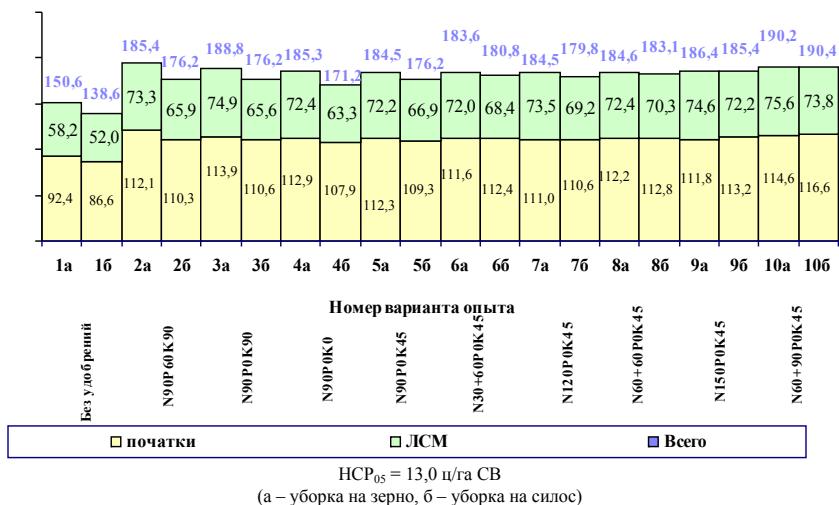


Рисунок 3 – Урожайность сухого вещества кукурузы под действием удобрений в среднем за 2018-2019 гг., ц/га

Средняя по вариантам урожайность зерна кукурузы стандартной влажности в 2018 г. составила 108,8 ц/га на фоне запашки соломы и 108,1 ц/га без нее (таблица 2). Все варианты внесения удобрений на фоне с запашкой соломы по влиянию на урожайность зерна были равноценными. Наибольшее значение от-

мечено в варианте с применением по 90 кг/га азота и калия, а наименьшее – при разовом внесении в основную заправку 150 кг/га азота и 45 кг/га калия. На фоне без заправки кукурузной соломы, напротив, этот вариант, а также вариант с дробным применением такой же дозы азота показал самые лучшие результаты по урожайности зерна. В число лучших также вошли варианты с дробным внесением 90 и 120 кг/га азота и разовым в дозе $N_{90}P_0K_{45}$. Таким образом, только вариант с полным исключением фосфорно-калийных удобрений ($N_{90}P_0K_0$) на фоне без заправки соломы показал существенно меньшую урожайность зерна относительно лучших вариантов опыта.

В 2019 г. заправка соломы кукурузы в среднем по всем вариантам обеспечила существенную прибавку урожая зерна. Особенно это заметно при невысоких дозах азотных удобрений. На фоне заправки соломы лучший результат, подобно предыдущему году, показали варианты с применением по 90 кг/га азота и калия и дробным внесением 150 кг/га азота и 45 кг/га калия. Последний вариант обеспечил наибольшую урожайность и на втором фоне без заправки соломы.

В итоге в среднем за 2 года на фоне заправки соломы все варианты внесения удобрений по урожайности зерна различались несущественно, обеспечив 109,5–115,0 ц/га, а на фоне кукурузы, убранной на силос, исключение фосфора и калия или внесение последнего в половинной дозе при 90 кг/га азота приводило к существенному недобору урожайности зерна относительно лучших вариантов с применением 150 кг/га азота в один прием или дробно.

Таблица 2 – Действие минеральных удобрений и кукурузной соломы на урожайность зерна при повторном возделывании, ц/га

Вариант опыта (фактор А)	Фон с заправкой соломы			Фон без заправки соломы		
	2018 г.	2019 г.	Среднее	2018 г.	2019 г.	Среднее
Контроль	94,4	89,6	92,0	87,6	84,5	86,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	110,4	111,3	110,9	109,9	109,7	109,8
$N_{90}P_0K_{90}$	112,3	117,7	115,0	108,6	110,5	109,6
$N_{90}P_0K_0$	110,9	109,1	110,0	105,0	108,3	106,6
$N_{90}P_0K_{45}$	110,8	108,2	109,5	110,4	105,9	108,2
$N_{30+60}P_0K_{45}$	110,4	114,4	112,4	110,9	109,7	110,3
$N_{120}P_0K_{45}$	109,5	111,6	110,6	109,7	110,4	110,1
$N_{60+60}P_0K_{45}$	109,4	111,7	110,6	111,8	111,4	111,6
$N_{150}P_0K_{45}$	108,3	113,9	111,1	112,6	112,5	112,6
$N_{90+60}P_0K_{45}$	111,6	115,9	113,8	114,3	115,3	114,8
Среднее	108,8	110,3	109,6	108,1	107,8	108,0
HCP ₀₅ АВ	5,9	6,6	6,3			
А	4,1	4,7	4,4			
В	1,9	2,0	2,0			

Расчет экономической эффективности применения минеральных удобрений при различных вариантах уборки предшествующей кукурузы показал, что уборка на зерно с последующей заправкой соломы позволяет получить наибольший чистый доход и наименьшую себестоимость как зерна, так и кормо-

вых единиц при внесении по 90 кг/га д.в. азота и калия (таблица 3). В том случае, когда предшествующая кукуруза убирается на силос, наибольшая величина чистого дохода получена в варианте $N_{90+60}P_0K_{45}$, а самая низкая себестоимость зерна и кормовых единиц – при использовании $N_{30+60}P_0K_{45}$. В среднем по всем вариантам внесения удобрений запашка соломы повышала величину чистого дохода на 26,8 руб./га при уборке кукурузы на зерно и на 73,0 руб./га при уборке на силос. Следовательно, при двухлетнем возделывании кукурузы на одном поле в первый год ее выгодно убирать на зерно, а во второй – на силос.

Таблица 3 – Экономическая эффективность минеральных удобрений и кукурузной соломы при повторном возделывании

Вариант опыта	Фон с запашкой соломы				Фон без запашки соломы			
	Уборка на зерно		Уборка на силос		Уборка на зерно		Уборка на силос	
	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т к.ед., руб.	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Чистый доход, руб./га	Себестоимость 1 т к.ед., руб.
Контроль	1294,2	211,33	1873,9	156,15	1119,9	221,93	1648,9	164,68
$N_{90}P_{60}K_{90}$	1571,8	210,27	2235,2	160,03	1534,8	212,21	2124,0	162,78
$N_{90}P_0K_{90}$	1818,4	193,88	2488,5	145,92	1656,8	200,83	2266,9	151,73
$N_{90}P_0K_0$	1676,6	199,58	2395,6	147,58	1570,4	204,68	2187,6	152,98
$N_{90}P_0K_{45}$	1645,6	201,72	2366,4	148,98	1622,7	202,03	2263,0	151,08
$N_{30+60}P_0K_{45}$	1712,3	199,66	2387,1	148,73	1671,2	200,48	2332,4	149,84
$N_{120}P_0K_{45}$	1633,3	204,32	2340,1	151,64	1603,7	206,34	2269,4	153,90
$N_{60+60}P_0K_{45}$	1625,2	205,06	2329,2	152,45	1658,5	203,39	2334,3	151,83
$N_{150}P_0K_{45}$	1576,8	210,07	2270,0	157,14	1639,0	206,44	2334,2	153,75
$N_{90+60}P_0K_{45}$	1663,8	205,80	2390,1	153,07	1725,4	201,71	2433,7	150,64
Среднее	1658,2	203,37	2355,8	151,73	1631,4	204,23	2282,8	153,17

Выводы

1. На дерново-подзолистой связносупесчаной почве с содержанием в пахотном слое 2,70% гумуса, 200 мг P_2O_5 , 286 мг/кг K_2O осенняя запашка соломы после уборки кукурузы на зерно не приводит к заметному повышению высоты растений по сравнению с уборкой кукурузы на силос.

2. Азотные удобрения в дозе 90–150 кг/га на фоне запашки соломы обеспечивают приблизительно близкую урожайность зеленой массы, сухого вещества и зерна повторно возделываемой кукурузы, в то время как после уборки кукурузы на силос для получения максимальных урожаев требуется внесение более высоких доз удобрений – 120–150 кг/га.

3. Запашка соломы в большей степени влияет на рост урожайности листостебельной массы повторной кукурузы, поэтому во второй год ее экономически более выгодно убирать на силос и выращивать при минимуме применения минеральных удобрений ($N_{90}P_0K_{0-90}$).

Литература

1. Еськов, А.И. Повысить эффективность использования органических удобрений / А.И. Еськов // Земледелие. – 2008 – № 4. – С. 18–19.
2. Корчагин, В.А. О воспроизводстве почвенного плодородия / В.А. Корчагин, О.В. Терентьев // Аграрная наука. – 2007. – № 3. – С. 10–11.
3. Серая, Т.М. Сравнительная эффективность органических и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т.М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №2(47). – С. 70–77.
4. Серая, Т.М. Влияние систем удобрения на баланс элементов питания и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы / Т.М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1 (48). – С. 62–69.
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(48). – С. 70–81.
6. Богдевич, И.М. Динамика плодородия пахотных почв Беларуси / И.М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – №1(34). – С. 167–173.
7. Анохина, Т.А. Запашка соломы гречихи как элемент биологического земледелия / Т.А. Анохина, Р.М. Кадыров, Т.Г. Бардиян // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2009. – №2. – С. 62–67.
8. Лапа, В. Кукурузная солома в почвенном «меню» / В. Лапа, Т. Серая, Е. Богатырева // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 12. – С. 44–46.
9. Пехота, А.П. Поступление элементов питания с соломой зерновых и зернобобовых культур в дерново-подзолистую супесчаную почву в зависимости от системы удобрения / А.П. Пехота // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 179–185.
10. Надточаев, Н.Ф. Готовим и удобряем почву под кукурузу / Н.Ф. Надточаев // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – №2 (130). – С. 53–56.
11. Богатырева, Е.Н. Динамика минерализации соломы в дерново-подзолистых почвах / Е.Н. Богатырева [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2013. – №3. – С. 71–76.
12. Методические указания по проведению полевых опытов с кукурузой / ВНИИ кукурузы. – Днепропетровск, 1980. – 56 с.

EFFICIENCY OF MINERAL FERTILIZERS IN SECONDARY CULTIVATION OF MAIZE AFTER HARVESTING FOR GARIN OR SILAGE

G.N. Kurkina

According to the two-year studies conducted on sandy loam soil, it's established that straw plowdown after harvesting maize for grain allows reducing the nitrogen rate to 90 kg/ha, while with secondary cultivation after harvesting maize for silage the highest yield and net income value are obtained with the nitrogen rate of 150 kg/ha of primary nutrients. Straw plowdown to a greater extent influences the yield growth of leaf and stem mass of the "secondary" maize. That is why it's more cost effective to harvest it for silage in the second year and grow at the minimum of mineral fertilization ($N_{90}P_0K_{0-90}$) on soils containing 2,7 % of humus, 200 mg of P_2O_5 , 286 mg/kg of K_2O in the plow layer.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

*А.В. Сорока, кандидат с.-х. наук, А.С. Антонюк, научный сотрудник,
Н.Ф. Терлецкая, кандидат биол. наук, А.Н. Гапонюк, научный сотрудник
Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест
(Поступила 20.03.2020)*

Рецензент: Надточаев Н.Ф., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** Представлены результаты исследований по влиянию осадков сточных вод городских очистных сооружений в качестве удобрений в чистом виде и разработанных с их добавлением удобрений органических улучшенного состава на рост, развитие и урожайность кукурузы и качество растениеводческой продукции. Выявлено, что изучаемые удобрения как в прямом действии, так и последствии существенно повышают урожайность зеленой массы кукурузы, увеличивают сбор сырого протеина относительно контроля без удобрений. Содержание токсических элементов в полученной растениеводческой продукции не превышало установленных норм.*

Согласно зарубежному и отечественному опыту сельскохозяйственное использование осадков сточных вод (ОСВ) является одним из основных методов их утилизации, что определяется комплексным содержанием в них биогенных элементов и микроэлементов, необходимых для развития растений [1, 2]. ОСВ могут использоваться как в чистом виде, так и в качестве улучшающих добавок к традиционным органическим удобрениям (различным видам навоза, компостов и др.). Является актуальным добавление ОСВ к подстилочному навозу для компенсации азота, потери которого в зависимости от условий хранения в течение 4 месяцев составляют от 10,7 до 31,4 % [3], при хранении в течение 6–8 месяцев – 45–50 % [4].

При использовании ОСВ в качестве удобрений также рекомендуется совместное применение с ними микробиологических препаратов [1]. Совместное внесение способствует дополнительному обогащению почвы микроорганизмами и стимулирует жизнедеятельность почвенной микрофлоры.

В настоящее время в связи с высокой стоимостью минеральных азотных и фосфорных удобрений в почву поступает недостаточное количество макроудобрений, что приводит к питательной деградации почв. В Брестской области, согласно данным Брестской проектно-изыскательской станции химизации, на сельскохозяйственных угодьях вносится только 35 % от требуемой нормы фосфорных удобрений и 62 % – азотных. В то же время, доля почв с низким содержанием фосфора на пашне составляет 25,6 %, на лугах – 56,4 %.

В связи с этим, использование ОСВ в качестве органических удобрений является весьма актуальным. Согласно литературным данным, применение ОСВ в качестве удобрений, способствовало повышению урожайности многолетних трав [5, 6], ячменя [6], овса [7], озимой пшеницы [8]. Особенно акту-

ально внесение ОСВ под кормовые культуры, например кукурузу, при возделывании которой применяют большое количество органических удобрений [9, 10]. ОСВ в качестве органических удобрений обладают последствием, что отражается на урожайности сельскохозяйственных культур [11].

В кормах, полученных из растений, при выращивании которых в качестве органических удобрений использовались ОСВ в экологически безопасных дозах внесения, накопление токсических элементов не превышало предельно допустимые уровни содержания их в продукции [9].

Таким образом, применение нетрадиционных видов органических удобрений при соблюдении мониторинга является эффективным приемом, позволяющим повысить урожайность кормовых культур и качество кормов, значительно сократить дефицит питательных веществ в земледелии.

Целью настоящих исследований являлась оценка влияния отходов городских очистных сооружений в качестве органических удобрений на урожайность кукурузы и качество корма.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований являлись используемые в качестве удобрений осадки сточных вод и разработанные с их добавлением органические удобрения улучшенного состава. Осадки сточных вод являются отходами городских очистных сооружений (код 8439900 – прочие осадки очистных сточных вод на очистных сооружениях, не вошедшие в группу I B), имеющими 4 класс опасности. В часть осадков сточных вод для интенсификации переработки добавлялся микробный комплекс препаратов «Антойл+» и «Деаммон», в тексте они обозначены как ОСВ после биопереработки. Для производства удобрений органических улучшенного состава использовался подстилочный навоз КРС с добавлением осадков сточных вод массовой долей не более 10%.

Химический состав используемых в опыте осадков сточных вод следующий: влажность 47–75 %, кислотность – 5,6–6,9 ед. рН, содержание общего азота – 0,9–1,2 %, общего фосфора – 1,7–1,9 %, калия – 0,08–0,2 %. Химический состав удобрений органических улучшенного состава с добавлением осадков сточных вод: влажность – 74,4 %, кислотность – 8,2 ед. рН, содержание общего азота – 0,53 %, общего фосфора – 0,49 %, калия – 0,58 %.

Результаты токсикологических исследований удобрений органических улучшенного состава с добавлением осадков сточных вод показали, что содержание валовых форм тяжелых металлов и остаточных количеств пестицидов не превышает предельно допустимых содержаний согласно ГОСТ 33830-2016 Удобрения органические на основе отходов животноводства. Содержание свинца составило 4,56 мг/кг (ПДК – 130 мг/кг), кадмия – 0,81 (ПДК – 2 мг/кг), мышьяка – 0,074 мг/кг (ПДК – 10 мг/кг), ртуть не обнаружена. Массовая доля остаточных количеств пестицидов (ГХЦГ и ДДТ и его метаболитов) составила менее 0,1 мг/кг. Установлено, что количество бактерий группы кишечной палочки (колиформные бактерии) находилось в пределах норматива и составило 1 кл./г. Фекальных энтерококков и патогенных энтеробактерий обнаружено не было. Проведенный паразитологический анализ выявил отсутствие в иссле-

двух образцах яиц гельминтов и цист патогенных простейших по фактическому значению показателей.

Полевые опыты были заложены в 2018–2019 гг. в филиале «Луч» ОАО «Березовский сыродельный комбинат» на дерново-подзолистой связносупесчаной почве с посевом гибридов кукурузы *Кремень 200 СВ* (изучение прямого действия удобрений) и *Краснодарский 194 МВ* (изучение последействия удобрений) и в 2018 г. в СУП «Савушкино» на дерново-подзолистой глееватой почве с посевом гибрида кукурузы *Краснодарский 194 МВ* (изучение прямого действия). Агрохимические показатели дерново-подзолистой связносупесчаной почвы: pH_{KCl} – 6,89, гумус – 2,48 %, P_2O_5 – 291 мг/кг, K_2O – 206 мг/кг. Дерново-подзолистая глееватая почва имела следующие характеристики: pH_{KCl} – 5,89, гумус – 3,34 %, P_2O_5 – 291 мг/кг, K_2O – 166,2 мг/кг. Полевые опыты и учеты проводили по общепринятым методикам [12]. Повторность опыта – четырехкратная. Статистический анализ результатов исследований проводился с использованием программы Microsoft Office Excel.

В 2018 г. формирование урожая кукурузы проходило при хорошей теплообеспеченности. В летний период текущие среднемесячные температуры воздуха были выше средних многолетних значений на 2,3 °С в июне, 1 °С – в июле, 2,5 °С – в августе. Влагообеспеченность кукурузы в начале вегетации была низкой в связи с засушливым периодом с третьей декады мая по третью декаду июня. В конце июня произошло резкое увеличение осадков. Особенно много выпало осадков во второй декаде июля – 132,1 мм. В августе, в период формирования початков, влагообеспеченность была ниже оптимальной (ГТК = 0,7).

В 2019 г. начало вегетации проходило при хорошей теплообеспеченности и избыточном увлажнении во второй и третьей декадах мая, после засушливого периода в апреле. В июне текущие среднемесячные температуры воздуха были выше средних многолетних значений на 5,6 °С, а влагообеспеченность – ниже оптимальной, что сказалось на замедлении роста растений. В двух первых декадах июля температура была ниже среднемноголетней, влагообеспеченность – достаточной. Средняя температура в августе была на 1,5 °С выше средней многолетней, увлажненность территории была достаточной.

Результаты исследований и их обсуждение. В 2018 г. урожайность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой связносупесчаной почве сформировалась на уровне 332,9–346,8 ц/га, в контроле без внесения удобрений – 233,5 ц/га (рисунок 1).

Установлена существенная разница ($HCP_{05} = 39,9$ ц/га) между урожайностью зеленой массы кукурузы в контроле и вариантах с применением в качестве удобрений осадков сточных вод как в чистом виде, так и в качестве добавки к подстилочному навозу КРС. При внесении удобрений урожайность была выше контроля на 42,6–48,5 %, существенной разницы между опытными вариантами не выявлено.

Урожайность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой глееватой почве в вариантах с применением осадков сточных вод на 86,1 и 92,8 ц/га выше контроля ($HCP_{05} = 43,2$ ц/га) (рисунок 2).

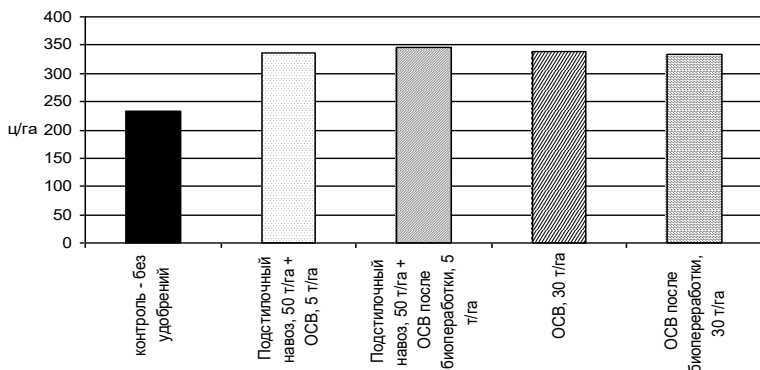


Рисунок 1 – Влияние прямого действия удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы *Кремь 200 СВ* на дерново-подзолистой супесчаной почве

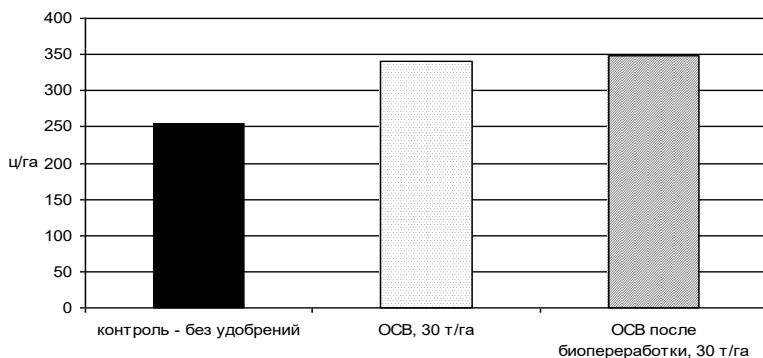


Рисунок 2 – Влияние прямого действия удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы *Краснодарский 194 МВ* на дерново-подзолистой глееватой почве

Наряду с изучением прямого действия осадков сточных вод, нами исследовалось их последствие на отдельные биометрические показатели растений, влияющие на формирование урожайности зеленой массы кукурузы.

Известно, что в начальные фазы развития растений кукуруза нуждается в достаточном количестве питательных элементов в доступной форме. Недостаток элементов питания в период от всходов до 7–8 листьев в дальнейшем не компенсируется, что отражается на урожайности зеленой массы кукурузы.

В 2019 г. органические удобрения оказали стимулирующее влияние на рост кукурузы: в вариантах с применением осадков сточных вод в чистом виде растения были выше контрольных на 12,8 и 17,1 %, в вариантах с добавлением ОСВ к подстилочному навозу КРС – на 21,6 и 30,2 % (таблица 1). Последствие от удобрений органических улучшенного состава с добавлением осадков сточных вод ускорило формирование листьев у кукурузы. Относительно кон-

троля разница между количеством листьев в вариантах с внесением осадков сточных вод в чистом виде находилась в пределах ошибки.

Таблица 1 – Влияние последействия органических удобрений на высоту растений кукурузы во время образования 7–8 настоящих листьев

Вариант	Высота растений, см	Количество листьев, шт.
Контроль (без внесения удобрений)	32,8±1,65	7,7±0,27
Подстилочный навоз КРС, 50 т/га + ОСВ, 5 т/га	39,9±2,44	8,5±0,35
Подстилочный навоз КРС, 50 т/га + ОСВ после биопереработки, 5 т/га	42,7±1,95	8,3±0,27
ОСВ, 30 т/га	37,0±1,41	8,1±0,29
ОСВ после биопереработки, 30 т/га	38,4±2,16	8,1±0,33

К моменту уборки кукурузы, растения в вариантах с изучением последействия от применения органических удобрений, были достоверно выше контрольных на 20,6–23,8 % (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние последействия органических удобрений на высоту растений кукурузы перед уборкой и урожайность зеленой массы

Вариант	Высота растений, см	Урожайность зеленой массы, ц/га
Контроль (без внесения удобрений)	199,2±8,65	247,4
Подстилочный навоз КРС, 50 т/га + ОСВ, 5 т/га	246,1±9,40	338,4
Подстилочный навоз КРС, 50 т/га + ОСВ после биопереработки, 5 т/га	242,0±10,7	333,6
ОСВ, 30 т/га	246,6±6,78	334,4
ОСВ после биопереработки, 30 т/га	240,3±7,92	330,8
НСР ₀₅		28,4

Последействие от внесения в предыдущем году осадков сточных вод в качестве органических удобрений существенно сказалось на урожайности зеленой массы кукурузы как в вариантах с применением осадков в качестве добавки к подстилочному навозу КРС (прибавка относительно контроля 86,2 и 91,0 ц/га), так и в чистом виде (соответственно 83,4 и 87,0 ц/га) (таблица 2).

Внесение удобрений органических улучшенного состава с добавлением осадков сточных вод способствовало повышению питательности зеленой массы кукурузы (таблица 3). Сбор сырого протеина кукурузы с 1 га при использовании органических удобрений составил 10,9 и 11,3 ц/га, что в среднем на 68,9 % выше контроля.

Использование осадков сточных вод в качестве удобрений способствовало улучшению качества кормов с недостаточным содержанием меди и цинка, по-

Таблица 3 – Содержание и сбор сырого протеина кукурузы

Вариант	Содержание сырого протеина, % в сухом веществе	Сбор сырого протеина, ц/га
Контроль (без внесения удобрения)	8,50	6,57
Подстилочный навоз, 50 т/га + ОСВ, 5 т/га	9,31	10,9
Подстилочный навоз, 50 т/га + ОСВ после биопереработки, 5 т/га	9,44	11,3

вышая одержание этих элементов в опытных образцах относительно контроля соответственно на 0,22–0,52 мг/кг и 1,0–1,59 мг/кг (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в зеленой массе кукурузы

Почва	Вариант	Содержание тяжелых металлов (на естественную влажность), мг/кг					
		Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Cr
Дерново-подзолистая супесчаная	Контроль (без удобрений)	н.о.	н.о.	0,88	10,59	н.о.	н.о.
	Подстилочный навоз, 50 т/га + ОСВ после биопереработки, 5 т/га	н.о.	н.о.	1,10	12,18	н.о.	н.о.
Дерново-подзолистая глееватая	Контроль (без удобрений)	н.о.	н.о.	1,13	10,60	н.о.	н.о.
	ОСВ, 30 т/га	н.о.	н.о.	1,65	11,60	н.о.	н.о.
МДУ [13]		0,6	0,1	–	–	–	–

В почвах с внесенными удобрениями содержание подвижных форм меди составляет 0,77 мг/кг, что на 0,20 мг/кг выше, чем в контроле и в 4 раза ниже ПДК [14], цинка – 4,09 и 2,33 мг/кг, соответственно на 0,59 и 0,94 мг/кг выше контроля и в 6 и 10 раз ниже ПДК.

Кадмий, никель, хром и свинец не требуются растениям и в высоких концентрациях опасны как для самих растений, так и для животных, потребляющих эти растения или сельскохозяйственную продукцию в пищу. Содержание подвижных форм кадмия, никеля и хрома в почвенных и растительных образцах не было обнаружено. Содержание свинца в почве с удобрениями на 0,21 мг/кг выше, чем в контроле и составляет 0,79 мг/кг, что в 7,5 раз ниже ПДК. В растениеводческой продукции свинец не был обнаружен.

Выводы

1. Осадки сточных вод городских очистных сооружений, имеющие 4 класс опасности, используемые в качестве органических удобрений и разработанные удобрения органические улучшенного состава на основе подстилочного навоза КРС с добавлением осадков сточных вод, оказали существенное влияние на повышение урожайности зеленой массы кукурузы на 36,3–48,5 % в прямом

действию и на 33,7–36,8% в последствии относительно контроля без применения удобрений.

2. Использование разработанных удобрений относительно контроля без удобрений способствовало увеличению сбора сырого протеина в среднем на 68,9% за счет повышения урожайности зеленой массы кукурузы и увеличения содержания в растениях. Внесение осадков сточных вод в качестве удобрений при возделывании кукурузы не приводило к накоплению в растениеводческой продукции токсических элементов выше установленных норм.

Литература

1. *Чемерис, М.С.* Экологические основы утилизации осадков городских сточных вод: на примере мегаполиса г. Новосибирска : автореф. дис. ... докт. биол. наук : 03.00.13 / М.С. Чемерис. – Новосибирск, 2006. – 46 с.

2. *Зотов, Н.И.* К вопросу об использовании осадков бытовых сточных вод в сельском хозяйстве / Н.И. Зотов, С.Р. Сулов // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць. – 2010. – № 3. – С. 214-221.

3. *Бондаренко, А.М.* Технологические аспекты переработки навоза в высококачественные органические удобрения для растениеводства / А.М. Бондаренко, В.В. Мирошникова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 4 (08). – С. 172-182.

4. *Теучеж А.А.* Технология ускоренной переработки подстильного свиного навоза в органическое удобрение / А.А. Теучеж // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 133 (09). – С. 1094-1113.

5. *Харкевич, Л.П.* Урожай и качество сена многолетних трав в зависимости от применения осадков сточных вод и известкования / Л.П. Харкевич // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 2. – С. 20-22.

6. *Мерзлая, Г.Е.* Агроэкологический эффект осадков сточных вод при удобрении многолетних трав / Г.Е. Мерзлая [и др.] // Агрохимические проблемы биологической интенсификации земледелия. – Владимир, 2005. – С. 138-143.

7. *Прокопова, Л.В.* Функционирование агроценозов при использовании осадка сточных вод в качестве органического удобрения / Л.В. Прокопова, Ю.И. Житин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (36). – С. 35-39.

8. *Чекаев, Н.П.* Влияние компостов из осадков сточных вод на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / Н.П. Чекаев // Повышение эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения. – Пенза, 2009. – С. 128-131.

9. *Захаров, Н.Г.* Роль обработки почвы и осадков сточных вод в повышении продуктивности кукурузы на силос / Н.Г. Захаров, И.А. Вандышев, А.В. Карпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – Ульяновск, 2007. – № 2. – С. 17-20.

10. *Захаров, Н.Г.* Эколого-биологическая оценка продукции растениеводства при использовании осадков сточных вод г. Димитровграда Ульяновской области / Н.Г. Захаров, Т.В. Почнинова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 4 (8). – С. 80-83.

11. Проблема утилизации осадков сточных вод (ОСВ) в качестве удобрения сельскохозяйственных культур / А.Х. Куликова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2007. – С. 8-18.

12. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М., 1986. – 416 с.

13. Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, 10 фев. 2011 г., № 10 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – 8/25498.

14. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве: гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. – Минск, 2004. – 27 с.

USE OF SEWAGE SLUDGE FROM CITY SEWAGE TREATMENT FACILITIES IN CULTIVATING MAIZE

A.V. Soroka, A.S. Antoniuk, N.F. Terletsкая, A.N. Gaponiuk

The paper presents the research results on the impact of sewage sludge from city sewage treatment facilities as fertilizers in pure form and organic fertilizers of improved composition developed with their use on the growth, development and yield of maize and the quality of plant products. It's established that the studied fertilizers are both directly and indirectly increase significantly the yield of maize green mass and the crude protein content in relation to the standard without fertilizers. The content of toxic elements in obtained plant products doesn't exceed the established standards.

УДК 633.853.494 «321»:631[811.98:53.027]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ РАПСА ЯРОВОГО МИКРОБНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

Я.Э. Пилюк, И.М. Наумович, Т.Н. Лукашевич, кандидаты с.-х. наук,
Г.В. Сафронова, кандидат биол. наук

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 08.04.2020)*

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

Аннотация. *В статье приведены результаты изучения влияния некорневой подкормки рапса ярового препаратами азотфиксирующе-фосфатмобилизующего действия на структуру растений, урожайность и качество маслосемян. Установлено, что обработка микробными препаратами способствовала увеличению урожайности на 4,5–13,6 %. При этом изучаемые препараты не оказали отрицательного влияния на содержание жира, протеина и глюкозинолатов в маслосеменах рапса ярового.*

Введение. Одной из важнейших культур для обеспечения продовольственной безопасности нашего государства является рапс. В семенах этой крестоцветной культуры содержится 40–50 % масла, 20–28 % кормового белка, 6–7 % клетчатки и 24–26 % безазотистых экстрактивных веществ [1]. Успешное возделывание рапса отвечает решению задачи обеспечения перерабатывающей промышленности сырьем, населения – пищевым растительным маслом, а животноводства – высокоценным, сбалансированным по аминокислотному составу кормовым белком.

В 2014–2019 гг. рапс возделывался на площади около 400 тыс. га, 15–20 % из которых занимала яровая форма этой культуры. Современные отечествен-

ные сорта рапса ярового обладают высоким потенциалом урожайности – 35–45 ц/га и более, однако в условиях производства он реализуется лишь на 30–40 %.

Повышение продуктивности рапса и получение экологически чистого урожая семян – это задачи, которые предусматриваются в рамках изменения основной концепции развития сельского хозяйства от интенсивного к устойчивому, экологически ориентированному. Решению этих задач отвечает перспективное в мировом растениеводстве создание растительно-микробных ассоциаций, состоящих из комплементарно подобранных пар растение-микроорганизм.

Зарубежными исследованиями установлено, что использование специального удобрения, содержащего бактериальный компонент, повышает засухоустойчивость рапса, холодостойкость и устойчивость к болезням, улучшает фотосинтез стеблей и листьев растений, способствуя тем самым устойчивому росту и развитию растений, что в конечном итоге повышает урожайность и качество масличного рапса. К важнейшим механизмам взаимодействия в растительно-бактериальных ассоциациях относится продуцирование бактериями фитогормонов (ауксинов, цитокининов и гиббереллинов), витаминов и других биологически активных веществ [2, 3]. Кроме того, отмечена способность непатогенных бактерий индуцировать у растений защитные реакции, направленные на повышение устойчивости к фитопатогенам [4].

В настоящее время на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов созданы как моно-, так би- и поликомпонентные ростстимулирующие микробные препараты, разработаны технологии их производства и способы применения в сельском хозяйстве. Микроорганизмы, микробные удобрения и микробные препараты во многих странах мира уже введены в технологию возделывания рапса [5], однако в нашей стране до настоящего времени препараты данной группы на рапсе не применялись. В связи с вышеизложенным, несомненной актуальностью обладает оценка и отбор наиболее эффективных микробных препаратов, способов, норм расхода и сроков их внесения, и разработка на этой основе технологии повышения продуктивности рапса ярового.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в 2017–2019 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» Смолевичского района Минской области на среднеоккультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7–0,8 метров моренным суглинком. Мощность пахотного горизонта 20–22 см. Содержание гумуса – 2,07–2,23 %, P_2O_5 – 225–244 мг, K_2O – 186–205 мг/кг почвы, pH – 6,03–6,14.

В качестве предмета исследований использовали сорт рапса ярового *Герцог* с целью изучения влияния некорневой подкормки микробными препаратами на его урожайность и качество. Объектом исследования служили три препарата – «АгроМик», «Бактопин» и «Гордебак».

Препарат микробный «АгроМик» создан на основе ассоциативного азотфиксирующего штамма *Rhizobium rhizogenes* БИМ В-486Д и фосфатмобилизующего штамма *Pseudomonas lini* БИМ В-485Д, смешанных в соотношении 1:1 и 1,0% инокулюма арбускулярно-микоризных грибов (АМГ) рода *Glomus*.

Препарат микробный «Бактопин» создан на основе совместно культивируемых бактерий ассоциативного diaзотрофа *Rahnella aquatilis* БИМ В-704Д и гетеротрофных ростстимулирующих фосфатмобилизующих микроорганизмов *Pseudomonas putida* БИМ В-702Д в соотношении, близком к равновесному (бактериальная составляющая), и 1,0% инокулюма арбускулярно-микоризных грибов (АМГ) рода *Glomus* (микотрофная составляющая).

Препарат биологический «Гордебак» получен путем совместного глубокого культивирования ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов *Enterobacter* sp. В-402Д и фосфатмобилизующих микроорганизмов *Enterobacter* sp. В-409Д.

Препараты в виде некорневой подкормки вносили в два срока – в фазу стеблевания рапса ярового (ДК – 30–33) или в фазу бутонизации (ДК – 52–56). Учетная площадь делянки – 10 м², повторность 4-х кратная, размещение делянок – рендомизированное. Срок сева рапса ярового – через неделю после прогревания почвы до 5 °С на глубину 10 см. Норма высева – 1,5 млн всхожих семян на гектар. Предшественник – зерновые культуры.

Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили в дозе 80 кг/га д.в. и калийные (хлористый калий) 120 кг/га д.в. осенью под вспашку. Азотные удобрения (карбамид) вносили весной в предпосевную культивацию в дозе 150 кг/га д.в. Технология возделывания за исключением изучаемого элемента проводилась в соответствии с отраслевым регламентом возделывания рапса ярового [6].

Учет урожайности маслосемян проводили методом сплошного обмолота комбайном Нега поделаяночно с пересчетом на 9 % влажность. Перед уборкой на каждом варианте отбирали сноповый образец для определения элементов структуры урожая (число стручков на центральной кисти, боковых побегах и растении в целом, число семян в стручке) и показателей архитектоники растений (число ветвей 1-го и 2-го порядка, высота растения, высота ветвления, диаметр корневой шейки). Масса 1000 семян определялась из высушенных и очищенных образцов. Содержание масла и белка определяли на инфракрасном анализаторе NIRS 5000, глюкозинолатов – на КФК-3 с использованием палладиевого реактива. Статистическую обработку данных проводили дисперсионным методом [7] с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Excel и Statistika.

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались от среднесуточных показателей, как по количеству атмосферных осадков, так и среднесуточной температуре воздуха, что позволило более объективно оценить действие микробных препаратов на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов при некорневой подкормке семян рапса ярового.

Результаты и обсуждение. Изучена сравнительная эффективность некорневой подкормки рапса ярового препаратами «АгроМик», «Бактопин» и «Гордебак». Анализ пробных снопов, отобранных перед уборкой культуры, показал, что некорневая подкормка посевов рапса ярового изучаемыми препаратами в фазу стеблевания способствовала сопоставимому между собой улучшению

элементов архитектоники растений. Так, число ветвей первого порядка увеличилось по сравнению с контрольным вариантом на 2,4–4,9 и 14,6–19,5 %, второго порядка – на 2,9–5,7 и 8,6 % при дозе внесения препаратов 2,0 и 4,0 л/га соответственно. Применение микробных препаратов «АгроМик» и «Бактопин» в фазу бутонизации рапса ярового способствовало увеличению числа ветвей первого порядка на 11,1 %, второго порядка – на 28,6 % в сравнении с вариантом без применения препаратов, только при дозе расхода их 4,0 л/га. При дозе внесения «АгроМик» и «Бактопин» 2,0 л/га вышеназванные показатели были такими же, как и в контрольном варианте. Использование биологического препарата «Гордебак» с нормой расхода 2,0 и 4,0 л/га способствовало увеличению числа ветвей второго порядка на 17,1 и 31,4 % (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние некорневой подкормки микробными препаратами на элементы архитектоники растений рапса ярового (среднее за 2017-2019 гг.)

Вариант	Норма расхода л/га	Срок применения	Число ветвей, шт.		Высота растений, см	Высота ветвления, см	Диаметр корневой шейки, см
			1-го порядка	2-го порядка			
Без применения препаратов – контроль	-	-	4,1	3,5	118,4	44,2	0,8
«АгроМик»	2,0	ДК 30-33	4,3	3,7	122,6	40,2	0,9
«АгроМик»	4,0		4,7	3,8	116,2	37,5	0,9
«Бактопин»	2,0		4,3	3,7	117,8	41,6	0,8
«Бактопин»	4,0		4,9	3,8	119,9	40,7	0,9
«Гордебак»	2,0		4,2	3,6	120,9	41,0	0,8
«Гордебак»	4,0		4,9	3,9	119,6	38,7	0,9
Без применения препаратов – контроль			4,5	3,5	116,3	43,9	0,9
«АгроМик»	2,0	ДК 52-56	4,4	3,3	116,1	40,4	0,9
«АгроМик»	4,0		5,0	4,5	116,3	40,5	0,9
«Бактопин»	2,0		4,3	3,5	117,8	40,7	0,8
«Бактопин»	4,0		5,0	4,5	122,8	38,0	0,9
«Гордебак»	2,0		4,5	4,1	121,1	39,3	0,9
«Гордебак»	4,0		4,9	4,6	121,1	37,6	0,9

Следует отметить, что при внесении изучаемых препаратов как в фазу стеблевания, так и в фазу бутонизации отмечалась тенденция к снижению высоты ветвления растений рапса ярового.

Результаты анализа структуры урожайности рапса ярового показали, что в среднем за три года некорневая подкормка изучаемыми препаратами в фазу стеблевания с нормой расхода 4,0 л/га оказала сопоставимое по величине стимулирующее действие на число стручков на боковых ветвях, в целом на растении и массу 1000 семян. Так, вышеназванные показатели увеличивались по сравнению с вариантом без применения препаратов на 15,0-19,0; 16,1–18,1 и 2,7 % соответственно. Применение в фазу стеблевания «Бактопин» с нормой расхода 2,0 л/га было наиболее эффективным в сравнении с другими изучаемыми

мыми препаратами, вносимыми с такой же дозой расхода. При его использовании число стручков на растении увеличилось на 13,5 %, на боковых ветвях – на 14,2 %, число семян в стручке – на 7,8 % и масса 1000 семян – на 2,7 % по сравнению с контрольным вариантом.

В фазу бутонизации лучшее стимулирующее действие на показатели структуры урожайности рапса ярового оказали все изучаемые препараты с нормой расхода 4,0 л/га. Так, их применение способствовало увеличению числа стручков на растении в среднем на 19,9–27,0 %, на боковых ветвях – на 22,3–31,2 %, числа семян в стручке – на 12,9–13,9 %, массы 1000 семян – на 2,7 % по сравнению с вариантом без обработки изучаемыми препаратами. Наименьшие показатели были получены в варианте с применением микробного препарата «АгроМик» (2,0 л/га) в фазу бутонизации, число стручков на растении, боковых ветвях и число семян в стручке увеличилось на 9,2; 11,5 и 5,5 % в сравнении с контрольным вариантом соответственно. При этом препараты «Бактопин» и «Гордебак» при той же норме расхода способствовали сопоставимому между собой и более значительному росту показателей структуры урожая культуры. Так, при их применении число стручков на растении увеличилось в среднем на 15,5–15,6 %, число семян в стручке – на 9,0–10,0 %, масса 1000 семян – до 2,7 % (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние некорневой подкормки микробными препаратами на структуру урожая рапса ярового (среднее за 2017–2019 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Срок применения	Число стручков, шт.			Число семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г
			на центральной кисти	на боковых ветвях	всего на растении		
Без применения препаратов - контроль	-	-	19,6	90,4	110,0	21,7	3,7
«АгроМик»	2,0	ДК 30-32	24,6	93,5	118,0	20,4	3,7
«АгроМик»	4,0		23,7	104,0	127,7	20,9	3,8
«Бактопин»	2,0		21,6	103,2	124,9	23,4	3,8
«Бактопин»	4,0		22,3	107,6	129,9	22,5	3,8
«Гордебак»	2,0		23,0	97,9	120,9	20,8	3,7
«Гордебак»	4,0		23,7	104,4	128,1	21,3	3,8
Без применения препаратов - контроль	-	-	24,1	86,0	110,0	20,1	3,7
«АгроМик»	2,0	ДК 52-56	24,3	95,9	120,1	21,2	3,7
«АгроМик»	4,0		26,7	105,2	131,9	22,9	3,8
«Бактопин»	2,0		26,0	101,1	127,1	22,1	3,7
«Бактопин»	4,0		26,9	112,8	139,7	22,7	3,8
«Гордебак»	2,0		19,5	107,6	127,2	21,9	3,8
«Гордебак»	4,0		26,7	109,9	136,6	22,9	3,8

В 2017–2019 гг. установлена высокая хозяйственная эффективность некорневой подкормки рапса ярового всеми изучаемыми препаратами с нормой внесения 4,0 л/га как в фазу стеблевания, так и в фазу бутонизации. Использование препаратов «АгроМик», «Бактопин» и «Гордебак» (4,0 л/га) в фазу стеблевания (ДК 30–33) способствовало повышению урожайности культуры соответственно на 2,9; 4,4 и 3,9 ц/га или 9,0; 13,6 и 12,3 %, в фазу бутонизации – на 3,3; 3,9 и 4,4 ц/га или 10,0; 11,8 и 13,1 %, по сравнению с вариантом без применения препаратов. Некорневая подкормка культуры препаратом «Бактопин» (2,0 л/га) в фазу стеблевания способствовала получению наибольшей прибавки по сравнению с другими изучаемыми препаратами, вносимыми в ту же фазу с такой же нормой расхода. Данный вариант превзошел контроль по этому показателю на 3,0 ц/га, что составляет 9,4 %, в то время как в фазу бутонизации среди изучаемых препаратов с дозой 2,0 л/га большая прибавка урожайности получена при применении препарата «Гордебак» – 3,1 ц/га или 9,4 % (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние некорневой подкормки микробными препаратами на урожайность рапса ярового

Вариант	Норма расхода, л/га	Срок применения	Урожайность, ц/га				Прибавка к контролю	
			2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	ц/га	%
Без применения препаратов – контроль	-	-	22,6	37,6	35,8	32,0	-	-
«АгроМик»	2,0	ДК 30-33	22,8	39,8	37,7	33,4	1,4	4,5
«АгроМик»	4,0		25,1	41,0	38,5	34,9	2,9	9,0
«Бактопин»	2,0		26,4	40,4	38,2	35,0	3,0	9,4
«Бактопин»	4,0		29,5	41,1	38,5	36,4	4,4	13,6
«Гордебак»	2,0		25,7	39,3	37,9	34,3	2,3	7,2
«Гордебак»	4,0		28,8	40,7	38,3	35,9	3,9	12,3
НСР ₀₅	-	-	1,49	2,0	1,74	-	-	-
Без применения препаратов - контроль	-	-	26,1	38,7	34,9	33,2	-	-
«АгроМик»	2,0	ДК 52-56	27,2	41,4	37,2	35,3	2,1	6,2
«АгроМик»	4,0		28,5	42,4	38,7	36,5	3,3	10,0
«Бактопин»	2,0		27,9	40,9	39,0	35,9	2,7	8,2
«Бактопин»	4,0		29,1	42,6	39,7	37,1	3,9	11,8
«Гордебак»	2,0		28,5	42,0	38,5	36,3	3,1	9,4
«Гордебак»	4,0		31,2	42,3	39,2	37,6	4,4	13,1
НСР ₀₅	-	-	1,55	2,2	1,84	-	-	-

Согласно СТБ 1398-2003 содержание жира в маслосеменах рапса должно составлять не менее 40%, уровень белка в продукции не нормируется. Лабораторный анализ маслосемян рапса ярового показал, что при некорневой подкормке данной культуры препаратами «АгроМик», «Бактопин» и «Гордебак» в фазу стеблевания наблюдалась тенденция к повышению содержания масла в семенах по сравнению с контрольным вариантом на 0,5–2,3 % (в относительном выражении). При внесении препаратов «Бактопин» и «Гордебак» (2,0 и 4,0 л/га) в фазу бутонизации содержание сырого жира варьировало от 43,4 до 44,1%, что выше контрольного варианта на 0,7-2,3 относительных процентных пункта.

Следует отметить, что применение всех изучаемых препаратов не способствовало увеличению содержания глюкозинолатов в маслосеменах рапса ярового.

Выводы

1. Некорневая подкормка рапса ярового препаратами «АгроМик», «Бактопин» и «Гордебак» в фазу стеблевания (ДК 30–33) оказала существенное влияние на структуру урожая культуры. При внесении их в фазу стеблевания в дозе 4,0 л/га число стручков на боковых ветвях увеличилось на 15,0–19,0 %, на растении в целом – на 16,1–18,1 %, масса 1000 семян – на 2,7 % по сравнению с контрольным вариантом. Применение микробных препаратов с нормой расхода 4,0 л/га в фазу бутонизации способствовало увеличению числа стручков на растении в среднем на 19,9–27,0 %, на боковых ветвях – на 22,3–31,2 %, числа семян в стручке – на 12,9–13,9 %, массы 1000 семян – на 2,7 % по сравнению с вариантом без обработки изучаемым препаратом.

2. Установлена высокая хозяйственная эффективность некорневой подкормки рапса ярового всеми изучаемыми препаратами с нормой внесения 4,0 л/га. Использование препаратов «АгроМик», «Бактопин» и «Гордебак» (4,0 л/га) в фазу стеблевания способствовала повышению урожайности культуры соответственно на 2,9; 4,4 и 3,9 ц/га или 9,0; 13,6 и 12,3 %, в фазу бутонизации – на 3,3; 3,9 и 4,4 ц/га или 10,0; 11,8 и 13,1 %, по сравнению с вариантом без применения препаратов.

3. При некорневой подкормке рапса ярового препаратами «АгроМик», «Бактопин» и «Гордебак» в фазу стеблевания наблюдалась тенденция к повышению содержания масла в семенах по сравнению с контрольным вариантом на 0,5–2,3 % (в относительном выражении). В фазу бутонизации данный показатель увеличивался при внесении препаратов «Бактопин» и «Гордебак» (2,0 и 4,0 л/га), содержание глюкозинолатов при этом находилось на одном уровне.

Литература

1. Привалов, Ф.И. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь / Ф. И. Привалов, Я. Э. Пиллук // Рапс: настоящее и будущее : к 30-летию возделывания рапса в Беларуси : материалы 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. 3–12.

2. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms / H.P. Bais [et al.] // Annu. Rev. Plant Biol. – 2006. – Vol. 57. – P. 233–266.

3. Микробные продуценты стимуляторов роста растений и их практическое использование: обзор / Е.А.Цавкелова [и др.] // Прикл. биохим. микробиол. – 2006. –Т.42, №2. – С. 133–143.

4. Okon, Y. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation / Y.Okon, C.A.Labandera-Gonzalez // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26. – P. 1591–1601.

5. Biological organic fertilizer for promoting growth of rape and preparation method thereof [Electronic resource]: pat. CN 105399458 / Ren Yanping [et al.]. – Publ. date 16.03.2016. – Mode of access: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20160316&CC=CN&NR=105399458A&KC=A. – Date of access: 18.01.2020.

6. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук 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.

7. 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.

EFFECTIVENESS OF FOLIAR APPLICATION OF MICROBIAL PREPARATIONS TO SPRING RAPESEED

Y.E. Piliuk, I.M. Naumovich, T.N. Lukashevich, G.V. Safronova

The paper states the research results on the effect of foliar application of nitrogen fixing and phosphate mobilizing preparations on the structure of plants, yield and quality of oil seeds. It's established that microbial preparation treatment contributes to the yield increase by 4.5-13.6 %. The studied preparations don't have a negative effect on the content of fat, protein and glucosinolates in oilseeds.

УДК 631.8:633.1

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ

Г.В. Седукова, кандидат с.-х. наук, ***А.А. Зубкович****, кандидат с.-х. наук,
С.А. Исаченко, старший научный сотрудник
ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси»

* РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 04.05.2020)

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

Аннотация. Представлены результаты исследований по урожайности озимого ячменя при возделывании на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве. Отмечено достоверное увеличение урожайности зерна этой культуры при внесении азотных удобрений в дозах 90 кг/га д.в. и 120 кг/га д.в. по сравнению с N_{60} . При изменяющихся дозах калийных удобрений достоверные различия

в урожайности зерна озимого ячменя установлены при внесении фосфорных удобрений в дозе 90 кг/га д.в. по сравнению с P_{30} и P_{60} . Отмечена тенденция увеличения урожайности озимого ячменя при внесении K_{120} на дерново-подзолистой супесчаной почве с очень высоким содержанием калия. Наибольшую прибавку урожайности зерна озимого ячменя обеспечила система удобрений $N_{60+30}P_{90}K_{120}$.

Одной из основных кормовых культур в Беларуси является ячмень. В структуре посевных площадей зерновых колосовых культур он занимает до 30 %. Известно, что существует две формы ячменя – яровая и озимая. Озимый ячмень широко возделывается во многих странах мира в силу сравнительно высокой урожайности и относительно невысокой требовательности к условиям выращивания. В настоящее время посевные площади озимого ячменя в Беларуси невелики. Однако озимый ячмень имеет значительные преимущества перед яровым ячменем. Возделываемые на территории Беларуси сорта озимого ячменя имеют многорядный колос, и, в большинстве случаев, содержат в зерне больше протеина (на 1–2%), чем яровые двурядные формы. Важной особенностью озимого ячменя является его высокая засухоустойчивость, обусловленная раннеспелостью и эффективным использованием накопившихся в почве в течение зимы запасов влаги. Это позволяет получать относительно высокие урожаи в засушливые годы, а также на легких почвах с неустойчивым водным режимом, характерных для южной части Беларуси.

Созревая на 10–14 дней раньше озимой ржи, озимый ячмень является самой скороспелой зерновой культурой, возделываемой в республике. Вследствие ранней уборки озимый ячмень является оптимальным предшественником для озимого рапса, так как позволяет своевременно и качественно провести подготовку почвы и посев данной культуры. Выращивание озимого ячменя позволяет повысить эффективность использования уборочной техники (за счет увеличения периода работы комбайнов) и снизить потери зерна других зерновых культур (за счет сокращения перестоя их на корню), получить самую раннюю товарную продукцию зерновых.

С учетом биологических особенностей и требований к условиям произрастания представляется перспективным возделывание озимого ячменя в регионах, наиболее пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, и до настоящего времени относящихся к территории радиоактивного загрязнения.

Известно, что для получения стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо применение системы удобрений, обеспечивающей максимальную урожайность. Для установления влияния элементов питания и системы удобрений на урожайность зерна озимого ячменя проведены исследования, результаты которых представлены в статье.

Методика проведения исследований. Полевой мелкоделяночный опыт по установлению влияния системы удобрений на урожайность озимого ячменя проводился в 2016-2018 гг. согласно методике полевого опыта [1] на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой рыхлыми породами с глубины до 0,5 м, развивающейся на лессовидных отложениях. Почва опытного участка

характеризовалась следующими основными агрохимическими показателями: обменная кислотность – pH_{KCl} 6,4, (близкая к нейтральной), содержание гумуса – 2,7 % (повышенное), подвижных форм фосфора и калия – по 500 мг/кг почвы (очень высокое).

Сорт озимого ячменя *Олимп*. Предшественником являлась вико-овсяная смесь на зеленый корм, после уборки которой и отрастания сорняков на опытном участке применяя гербицид Глифос (4,5 л/га).

Норма высева озимого ячменя составляла 4,5 млн всхожих семян/га [2]. Посев рядовой с шириной междурядий 15 см, глубина заделки семян 3–4 см.

В качестве минеральных удобрений использовали: карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий. Фосфорные и калийные удобрения вносили осенью перед посевом культуры. Азотные удобрения вносили весной в период начала весенней вегетации в дозе 60 кг/га д.в. В фазу начала выхода в трубку подкормка азотными удобрениями проводилась согласно схеме опыта.

Схема полевого опыта включала 16 вариантов:

Контроль (без удобрений)	$N_{60}P_{30}K_{90}$	$N_{60+30}P_{30}K_{90}$	$N_{60+30}P_{60}K_{90}$	$N_{60+30}P_{90}K_{90}$	$N_{60+60}P_{30}K_{90}$
	$N_{60}P_{60}K_{120}$	$N_{60+30}P_{30}K_{120}$	$N_{60+30}P_{60}K_{120}$	$N_{60+30}P_{90}K_{120}$	$N_{60+60}P_{60}K_{120}$
	$N_{60}P_{90}K_{150}$	$N_{60+30}P_{30}K_{150}$	$N_{60+30}P_{60}K_{150}$	$N_{60+30}P_{90}K_{150}$	$N_{60+60}P_{90}K_{150}$

Повторность опыта четырехкратная. Площадь делянки 8 м². Уборка проведена в фазу полной спелости зерна сплошным методом.

Определение основных агрохимических показателей в пробах почвы осуществляли по общепринятым методикам: содержание гумуса – по Тюрину в модификации ЦИНАО [3]; pH_{KCl} – потенциометрическим методом [4]; содержание подвижных форм фосфора и калия – по Кирсанову [5].

Результаты исследований. Урожайность озимого ячменя в опыте за все годы исследований изменялась от 23,2 ц/га до 77,5 ц/га. Наименьшая урожайность, как и следовало ожидать, отмечена в контроле – в среднем за три года 28,8 ц/га. В зависимости от применяемой системы удобрения урожайность зерна в среднем варьировала от 49,0 ц/га до 56,1 ц/га.

Установлено, что существенное влияние на урожайность зерна озимого ячменя оказывает доза внесения азотных удобрений. Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют о достоверном увеличении урожайности зерна этой культуры при внесении азотных удобрений в дозе 60+30 кг/га д.в. и 60+60 кг/га д.в. по сравнению с N_{60} .

Максимальная урожайность зерна озимого ячменя в среднем за годы исследований обеспечивается при внесении N_{60+30} (рисунок 1). При использовании N_{60} недобор зерна с 1 га посевов по сравнению с указанным выше вариантом составляет около 8 ц. Увеличение дозы азота до 60+60 кг/га д.в. приводит к незначительному снижению урожайности (2,5 %).

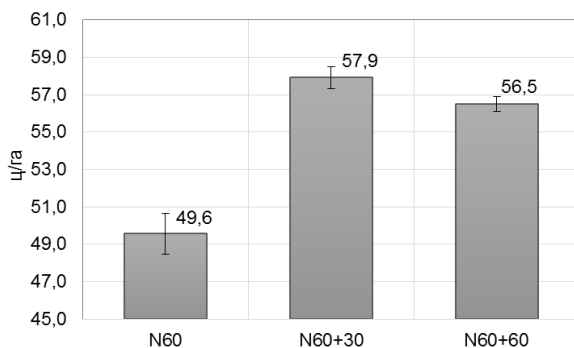


Рисунок 1 – Урожайность зерна озимого ячменя при применении различных доз азотных удобрений

Исходя из этого, эффективность применения фосфорных и калийных удобрений рассматривали на фоне оптимальной дозы азота (60+30 кг/га д.в.). Установлено, что увеличение дозы фосфора с 30 кг/га д.в. до 60 кг/га на фоне применения $N_{60+30}K_{90}$ незначительно (на 0,9 ц/га) повышало урожайность зерна этой культуры. Дальнейшее увеличение дозы фосфора с 60 до 90 кг/га д.в. позволило дополнительно получить 2,9 ц/га зерна озимого ячменя. Прибавка урожайности зерна при внесении $N_{60+30}P_{90}K_{90}$ составила 3,8 ц/га по сравнению с $N_{60+30}P_{30}K_{90}$. Следовательно, эффективность внесения 1 кг/га д.в. суперфосфата на фоне $N_{60+30}K_{90}$ выше при увеличении дозы с 30 до 60 /кг д.в., чем при дальнейшем его повышении до 90 кг/га д.в. Окупаемость урожаем составляет 0,1 и 0,03 ц/га зерна. соответственно.

На фоне внесения $N_{60+30}K_{120}$ влияние фосфорных удобрений проявляется иначе. Увеличение дозы фосфора с 60 кг/га д.в. до 90 кг/га д.в. способствовало повышению урожайности культуры на 8,3 ц/га. То есть окупаемость внесения 1 кг/га P_2O_5 составила 0,3 ц/га зерна ячменя. При этом существенных различий между дозами фосфора 30 кг/га д.в. и 60 кг/га д.в. не установлено. Даже отмечалось некоторое снижение урожайности зерна.

На фоне внесения $N_{60+30}K_{150}$ увеличение дозы фосфора с 30 кг/га д.в. до 60 кг/га д.в. способствовало повышению урожайности культуры на 4,9 ц/га, при внесении P_2O_5 в дозе 90 кг/га – на 1,9 ц/га.

В целом, при изменяющихся дозах внесения калийных удобрений достоверные различия в урожайности зерна озимого ячменя установлены при внесении фосфорных удобрений в дозе 90 кг/га д.в. по сравнению с P_{30} и P_{60} . Между вариантами с дозой внесения P_{30} и P_{60} различия недостоверны (рисунок 2).

Применение P_{90} обеспечивает среднюю урожайность зерна озимого ячменя на 3,5 ц/га больше, чем P_{30} и на 2,7 ц/га больше, чем P_{60} .

Различия в эффективности внесения фосфора на разных фонах калия объясняется влиянием последнего на урожайность культуры при различных соотношениях с азотом.

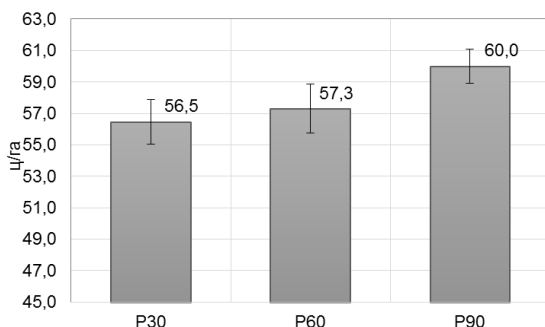


Рисунок 2 – Влияние дозы фосфорных удобрений на урожайность зерна озимого ячменя (на фоне применения дозы азота 60+30 кг/га д.в.)

Увеличение дозы K_2O с 90 кг/га до 120 кг/га на фоне внесения $N_{60+30}P_{30}$, способствует повышению урожайности зерна озимого ячменя на 1,92 ц/га. Окупаемость 1 кг/га д.в. хлористого калия составляет 0,06 ц/га зерна. При дальнейшем повышении дозы калия со 120 кг/га д.в. до 150 кг/га д.в. отмечается снижение урожайности зерна этой культуры.

На фоне внесения $N_{60+30}P_{60}$ положительное влияние калийных удобрений проявляется при применении дозы K_2O 150 кг/га. Использование данной системы удобрения обеспечивает прибавку урожайности зерна озимого ячменя 5,5 ц/га по сравнению с $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и 3,2 ц/га по сравнению с $N_{60+30}P_{60}K_{120}$.

На фоне внесения $N_{60+30}P_{90}$ увеличение дозы калия с 90 кг/га д.в. до 120 кг/га д.в. способствовало повышению урожайности культуры на 3,06 ц/га. При этом дальнейшее повышение дозы K_2O приводило к падению урожайности зерна.

В целом, при изменяющихся дозах внесения фосфорных удобрений отмечается тенденция увеличения урожайности озимого ячменя при применении K_2O в дозе 120 кг/га д.в. на дерново-подзолистой супесчаной почве с очень высоким содержанием калия (рисунок 3).

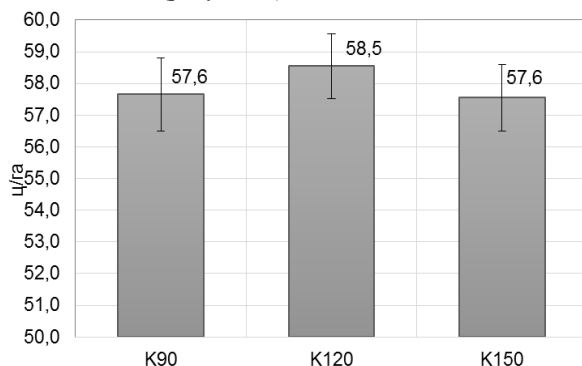


Рисунок 3 – Влияние дозы калийных удобрений на урожайность зерна озимого ячменя (на фоне применения дозы азота 60+30 кг/га д.в.)

Обобщение полученных результатов исследований свидетельствует о том, что наибольшую прибавку урожайности зерна озимого ячменя обеспечила система удобрений $N_{60+30}P_{90}K_{120}$.

Выводы

1. На урожайность зерна озимого ячменя, возделываемого на дерново-подзолистой супесчаной почве, существенное влияние оказывает доза азотных удобрений. Максимальная урожайность этой культуры формируется при внесении N_{60+30} (57,9 ц/га).

2. На фоне применения N_{60+30} и изменяющихся дозах калийных удобрений достоверные различия в урожайности зерна озимого ячменя установлены при внесении фосфорных удобрений из расчета 90 кг/га д.в. по сравнению с P_{30} и P_{60} .

3. На фоне применения N_{60+30} и изменяющихся дозах фосфорных удобрений отмечается тенденция увеличения урожайности озимого ячменя при внесении K_2O в дозе 120 кг/га д.в.

4. Наиболее эффективной системой удобрений озимого ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве является $N_{60+30}P_{90}K_{120}$. При других показателях почвенного плодородия система удобрений может быть иной. Для этого необходимо проведение дополнительных исследований.

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. 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.]. – 3-е изд. – Минск : Белорусская наука, 2014. – 288 с.

3. ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИ-НАО. – Введ. 1993 – 07 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.

4. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО. – Введ. 1986 – 07 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.

5. ГОСТ 26207-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993 – 07 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.

IMPACT OF FERTILIZER ELEMENTS ON WINTER BARLEY YIELD IN DIFFERENT FERTILIZATION SYSTEMS

G. V. Sedukova, A. A. Zubkovich, S. A. Isachenko

The paper presents the results of the research on the yield of winter barley cultivated on sod-podzolic loose-loamy soil. A significant yield increase of this crop was observed with application of nitrogen fertilizers in a dose of 90 kg/ha of active ingredient and 120 kg/ha of active ingredient in comparison with N_{60} . With changing doses of potassium fertilizers a significant difference in the yield of winter barley grain was established when phosphorous fertilizers were applied in a dose of 90

kg/ha of active ingredient compared to P_{30} and P_{60} . The tendency to winter barley yield increase was observed when applying K_{120} to sod-podzolic sandy soil with high potassium content. The highest winter barley yield increase was provided by the $N_{60+30}P_{90}K_{120}$ fertilizer system.

УДК 633.412:631.8:631.445.24

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ДИНАМИКУ ПЛОЩАДИ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И.Р. Вильдфлуш, доктор с.-х. наук, профессор; *Н.Э. Хизанейшвили*, аспирант
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки
(Поступила 04.03.2020)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

В статье изложены результаты изучения влияния на урожайность и качество корнеплодов столовой свеклы белорусских микроудобрений Микро-Стим, регулятора роста Экосил, польского микроудобрения Эколист Бор. Установлено, что применение изучаемых микроудобрений способствует повышению урожайности корнеплодов столовой свеклы, а также содержанию в них сухого вещества и сахаров.

Введение. Стремительное нарастание экологической нагрузки на человека в современном мире требует полноценного, качественного питания, основанного на овощной продукции. Здоровье человека, его работоспособность и продолжительность жизни непременно зависят от наличия в рационе овощей, которые являются источником витаминов, макро-, микроэлементов, антиоксидантов, и других биологически активных веществ [1].

Широко распространенным овощем в Беларуси является столовая свекла, которая богата углеводами, минеральными веществами, органическими кислотами и витаминами [2]. Годовая норма потребления столовой свеклы составляет около 18 кг [3].

В Республике Беларусь отмечается снижение посевных площадей столовых корнеплодов, при этом средняя урожайность в производственных условиях не превышает 30 т/га, хотя потенциал урожайности современных сортов и гибридов столовой свеклы составляет более 80 т/га [4, 5].

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур возможно только при поступлении в растения всех элементов питания в расчетных дозах и в наиболее критические периоды роста и развития, причем наиболее оптимальным является одновременное поступление макро- и микроэлементов [6, 7].

Ввиду низкого содержания в почвах Беларуси подвижных форм микроэлементов, они являются одним из лимитирующих факторов повышения продуктивности растений [8]. Еще одним рычагом в управлении ростом и развитием растений являются регуляторы роста, которые при незначительных затратах

способны повышать устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды и повышать урожайность [6].

В Республике Беларусь в лаборатории микроэлементов РУП «Институт почвоведения и агрохимии» разработаны и зарегистрированы различные марки жидких микроудобрений МикроСтим с биостимулятором (гидрогумат) [9]. Изучение влияния данных микроудобрений на урожайность и качество продукции при возделывании сельскохозяйственных культур является весьма актуальным для продвижения отечественных микроудобрений на рынок и импортозамещения.

Цель исследований – изучить влияние систем удобрения на динамику нарастания площади листовой поверхности посевов, урожайность и качество корнеплодов свеклы столовой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Методика и объекты исследований. Исследования со столовой свеклой сорта *Гаспадыня* проводили в 2018–2019 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Гаспадыня – это среднеспелый сорт столовой свеклы, одноростковый, создан в РУП «Институт овощеводства». Вегетационный период составляет 85–115 дней. Потенциальная урожайность корнеплодов – более 60 т/га. Товарность – 95 %. Корнеплоды округлые и округло-плоские, массой 220–420 г, окраска поверхности корнеплода бордовая, кольцеватость слабовыраженная. Вкусовые качества высокие, сорт среднеустойчив к поражению церкоспорозом и пероноспорозом. Предназначен для потребления в свежем виде, переработки и хранения. Лежкость – 82–86 %, сорт включен в Госреестр Республики Беларусь по всем областям с 2010 г. [4].

По агрохимическим показателям почва опытного участка характеризовалась низким и средним содержанием гумуса (1,2–1,7 %), слабокислой и близкой к нейтральной реакцией почвенной среды ($pH_{KCl}=5,5–6,1$), повышенным содержанием подвижных форм фосфора (208,7–265,5 мг/кг почвы) и калия (293,5–295,0 мг/кг почвы), средним содержанием подвижных форм меди и низким и средним содержанием цинка (1,54–1,71 и 1,53–3,75 мг/кг почвы соответственно).

В опытах применяли удобрения: карбамид (46 % N), суперфосфат аммонизированный (42 % P_2O_5 , 10 % N), хлорид калия (60 % K_2O), Эколист Бор (150 г/л бора) (Польша), МикроСтим В (150 г/л бора, 0,6–8,0 г/л гуматов, 50 г/л N), МикроСтим Си (78 г/л меди, 0,6–5,0 г/л гуматов, 65 г/л N), МикроСтим В, Си (40 г/л бора, 40 г/л меди, 0,6–6,0 г/л гуматов, 65 г/л N), регулятор роста Экосил (50 г/л триртерпеновых кислот) (Беларусь).

Минеральные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлорид калия) вносили до посева в один прием под культивацию.

Некорневую подкормку микроудобрениями Эколист Бор и МикроСтим В проводили в дозе 2 л/га в фазу начала формирования корнеплода, повторно – через месяц в той же дозе. МикроСтим Си и МикроСтим В, Си применяли в до-

зах 1 и 2 л/га соответственно в ту же фазу развития столовой свеклы с повторным внесением в тех же дозах через месяц после первой обработки. Регулятор роста Экосил применяли двукратно в дозе 50 мл/га в фазу 8–10 листьев и повторно через 15 дней.

Определение сухого вещества проводили методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ 28561-90, содержание сахаров – по Бертрану ГОСТ 8756,13-87, нитратов – количественным ионометрическим методом по ГОСТ 29270-95. Площадь листьев определяли по методике Н.Ф. Коняева [10]. Учет урожая корнеплодов проводили сплошным поделяночным методом путем взвешивания корнеплодов. Статистическая обработка результатов исследований проводилась по Б. А. Доспехову [11] и М.Ф. Дембицкому [12].

Общая площадь делянки – 14,4 м², учетная – 10,8 м², повторность опыта четырехкратная. Предшественник – картофель. Посев однострочный, на ровной поверхности с междурядьем 45 см, норма высева – 12 кг/га. Срок посева – 1 декада мая. Агротехника возделывания – общепринятая для Беларуси.

Система защиты посевов столовой свеклы от болезней, вредителей и сорняков включала в себя следующие мероприятия: 1-я химпрополка – Пирамин турбо в норме 2 л/га через 3 дня после посева; 2-я химпрополка – Пирамин турбо (1,5 л/га) + Белведер форте (0,7 л/га) через 10 дней после первой обработки; 3-я химпрополка – Пирамин турбо (1 л/га) + Белведер форте (0,7 л/га) при появлении семядолей сорняков; 4-я химпрополка – Бельведер форте (0,7 л/га) при появлении семядолей сорняков. Против злаковых сорняков применяли граминцид Фюзилад форте в норме 1 л/га однократно при появлении всходов проса куриноного независимо от фазы развития свеклы. Против свекловичных блошек и щеркошпороза применяли инсектицид Фаскорд (0,1 л/га) в смеси с фунгицидом Прозаро (0,6 л/га) в фазу 4-6 листьев. Применяемая система защиты столовой свеклы от вредных организмов способствовала формированию здорового листового аппарата растений, практически полному отсутствию сорняков в посевах, что благоприятно сказалось на урожайности корнеплодов.

Результаты исследований и их обсуждение. В начальный период роста площадь листовой поверхности у растений столовой свеклы существенно не отличалась по вариантам кроме контроля, где этот показатель был самым низким и составил 53,3 см² (таблица 1). В фазу начала формирования корнеплода до проведения некорневых подкормок микроудобрениями с возрастанием доз минеральных удобрений соответственно возрастала площадь листовой поверхности растений. В фазу технической спелости все изучаемые микроудобрения и регулятор роста Экосил на фоне N₉₀P₈₀K₁₃₀ способствовали повышению площади листовой поверхности на 62,3–182,8 см². Наибольшая площадь листьев у растений свеклы была в варианте N₁₀₀P₉₀K₁₄₀ + МикроСтим В, Cu – 1245,7 см², что обеспечивало максимальную урожайность корнеплодов в этом варианте опыта. К моменту уборки площадь листовой поверхности во всех вариантах уменьшилась из-за естественного отмирания старых нижних листьев у растений свеклы.

За 2018–2019 гг. исследований средняя урожайность корнеплодов столовой свеклы в варианте без удобрений составила 20,3 т/га (таблица 2). Применение

Таблица 1 – Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику площади листовой поверхности растений столовой свеклы (среднее за 2018-2019 гг.)

Вариант опыта	Площадь листовой поверхности одного растения, см ²			
	3-4 листа	Начало формирования корнеплода	Техническая спелость	Уборка
Контроль (без удобрений)	53,3	598,1	705,2	675,9
N ₇₀ P ₆₀ K ₁₀₀	73,9	659,9	797,5	764,7
N ₉₀ P ₈₀ K ₁₃₀ – фон	73,0	679,1	1062,9	995,6
Фон + Эколист В	73,1	675,2	1176,2	1081,1
Фон + МикроСтим В	72,8	678,6	1192,7	1054,4
Фон + МикроСтим Су	72,9	679,3	1128,9	1028,2
Фон + МикроСтим В, Су	72,9	681,3	1198,6	1017,1
Фон + Экосил	74,6	683,1	1125,2	1025,4
N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₄₀ + МикроСтим В, Су	74,6	701,9	1245,7	1096,1
НСР ₀₅	3,3	21,0	42,0	38,3

минеральных удобрений в дозе N₇₀P₆₀K₁₀₀ и N₉₀P₈₀K₁₃₀ обеспечивало прибавку урожайности корнеплодов 18,8 и 24,4 т/га соответственно по отношению к контролю. Окупаемость 1 кг NPK кг корнеплодов в этих вариантах составила 82 и 81 кг соответственно.

Таблица 2 – Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность корнеплодов столовой свеклы, т/га

Вариант	Урожайность, т/га			Прибавка к контролю, т/га	Прибавка к фону, т/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг корнеплодов
	2018 г.	2019 г.	среднее			
Контроль (без удобрений)	17,4	23,3	20,3	-	-	-
N ₇₀ P ₆₀ K ₁₀₀	37,7	40,5	39,1	18,8	-	82
N ₉₀ P ₈₀ K ₁₃₀ – фон	42,6	46,9	44,7	24,4	-	81
Фон + Эколист В	49,6	50,7	50,1	29,8	5,4	99
Фон + МикроСтим В	49,9	51,8	50,8	30,5	6,1	102
Фон + МикроСтим Су	45,9	53,9	49,9	29,6	5,2	99
Фон + МикроСтим В, Су	51,5	53,8	52,7	32,4	8,0	108
Фон + Экосил	46,2	52,5	49,3	29,0	4,6	97
N ₁₀₀ P ₉₀ K ₁₄₀ + МикроСтим В, Су	53,6	56,0	54,8	34,5	-	105
НСР ₀₅	2,3	2,1	1,6	-	-	-

Некорневая подкормка посевов свеклы микроудобрениями Эколист Бор и МикроСтим Бор на фоне N₉₀P₈₀K₁₃₀ повышала урожайность корнеплодов на 5,4 и 6,1 т/га при окупаемости 1 кг NPK 99 и 102 кг корнеплодов соответственно. Применение белорусского микроудобрения МикроСтим Бор по влиянию на урожайность корнеплодов не уступало польскому микроудобрению Эколист

Бор, и поэтому оно может быть использовано для импортозамещения, так как дешевле польского.

Обработка посевов микроудобрением с регулятором роста МикроСтим Медь на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ обеспечила прибавку урожайности 5,2 т/га с окупаемостью 1 кг НРК 99 кг корнеплодов.

Микроудобрение с регулятором роста МикроСтим Бор, Медь на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ и $N_{100}P_{90}K_{140}$ обеспечивало урожайность на уровне 52,7 и 54,8 т/га соответственно с окупаемостью 1 кг НРК 108 и 105 кг корнеплодов соответственно. Таким образом, на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ некорневые подкормки медными и борными микроудобрениями по действию на урожайность корнеплодов были равнозначными. Максимальная урожайность корнеплодов достигалась внесением борно-медных микроудобрений.

Применение регулятора роста Экосил в посевах свеклы на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ повышало урожайность корнеплодов на 4,6 т/га, а окупаемость 1 кг НРК составила 97 кг корнеплодов.

Минимальная доля товарных корнеплодов была отмечена в варианте без удобрений – 66 % (таблица 3). Одностороннее применение минеральных удобрений, а также их сочетание с обработкой посевов микроудобрениями и регулятором роста способствовало значительному повышению выхода товарных корнеплодов в доле урожая.

Таблица 3 – Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на показатели качества корнеплодов столовой свеклы (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант опыта	Товарность, %	Сухое вещество, %	Сахара, %	Нитраты, мг/кг сырой массы	
				2018 г.	2019 г.
Контроль (без удобрений)	66,0	14,7	10,7	882	645
$N_{70}P_{60}K_{100}$	84,2	13,7	11,3	1078	870
$N_{90}P_{80}K_{130}$ – фон	88,4	15,3	12,1	1341	1025
Фон + Эколист В	92,8	16,5	13,6	1209	913
Фон + МикроСтим В	94,6	16,1	13,4	1237	865
Фон + МикроСтим Cu	90,6	15,9	12,8	1261	898
Фон + МикроСтим В, Cu	92,7	17,1	14,9	1242	753
Фон + Экосил	90,2	15,7	13,3	1171	772
$N_{100}P_{90}K_{140}$ + МикроСтим В, Cu	92,7	17,3	15,6	1354	923
НРС ₀₅	2,6	0,5	0,6	58	39

Так, по сравнению с контролем внесение минеральных удобрений в дозах $N_{70}P_{60}K_{100}$ и $N_{90}P_{80}K_{130}$ увеличивало выход товарных корнеплодов на 18,2 и 22,4 % с 66,0 % до 84,2 и 88,4 % соответственно.

Микроудобрения Эколист Бор и МикроСтим Бор на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ повышали товарность корнеплодов свеклы на 4,4 и 6,2 % соответственно.

В вариантах с применением микроудобрения МикроСтим Медь и регулятора роста Экосил на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ не было отмечено увеличения товарности корнеплодов столовой свеклы.

Обработка посевов свеклы микроудобрением МикроСтим Бор, Медь на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ и $N_{100}P_{90}K_{140}$ повышало товарность корнеплодов на 4,3 %.

В среднем за 2018–2019 гг. исследований содержание сухого вещества в корнеплодах столовой свеклы по вариантам опыта составляло от 13,7 до 17,3 %. В варианте без удобрений этот показатель находился на уровне 14,7 %. При внесении $N_{70}P_{60}K_{100}$ происходило снижение содержания сухого вещества на 1 %. При повышении уровня минерального питания до $N_{90}P_{80}K_{130}$ процент сухого вещества возрастал на 0,6 %.

На фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ обработка посевов микроудобрениями Эколист Бор, МикроСтим Бор, МикроСтим Медь, МикроСтим Бор, Медь повышала содержание сухого вещества в корнеплодах столовой свеклы на 1,2; 0,8; 0,6 и 1,8 % соответственно.

Применение регулятора роста Экосил на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ не оказывало существенного влияния на содержание сухого вещества в корнеплодах.

Наибольшее содержание сухого вещества в корнеплодах столовой свеклы (17,3 %) было отмечено при применении микроудобрения МикроСтим Бор, Медь на фоне $N_{100}P_{90}K_{140}$.

Содержание сахаров в корнеплодах свеклы в варианте без удобрений было самым низким в опыте – 10,7 %. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{70}P_{60}K_{100}$ увеличивало содержание сахаров в корнеплодах на 0,6 %, а $N_{90}P_{80}K_{130}$ – на 1,4 %. Некорневая подкормка микроудобрениями Эколист Бор и МикроСтим Бор на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ увеличивала содержание сахаров на 1,5 и 1,3 % соответственно.

Обработка посевов свеклы микроудобрениями МикроСтим Медь и МикроСтим Бор, Медь на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ увеличивала содержание сахаров в корнеплодах на 0,7 и 2,8 % соответственно.

Применение регулятора роста Экосил на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ повышало содержание сахаров на 1,2 %.

Наибольшее содержание сахаров в корнеплодах столовой свеклы было в варианте $N_{100}P_{90}K_{140}$ +МикроСтим Бор, Медь – 15,6 %.

За период исследований в 2018–2019 гг. уровень содержания нитратов в корнеплодах столовой свеклы не превышал ПДК, значение которого для столовой свеклы составляет 1400 мг/кг сырой массы.

В 2018 г. содержание нитратов в корнеплодах было выше, чем в 2019 г. В среднем за годы исследований минимальное содержание нитратов в корнеплодах было отмечено в варианте без удобрений – 764 мг/кг сырой массы. Применение минеральных удобрений в дозах $N_{70}P_{60}K_{100}$ и $N_{90}P_{80}K_{130}$ повышало содержание нитратов по отношению к контролю на 196 и 459 мг/кг в 2018 г. и на 225 и 380 мг/кг в 2019 г.

Применение микроудобрений для некорневых подкормок и регулятора роста Экосил на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ снижало содержание нитратов в корнеплодах на 80–170 в 2018 г. и на 112–272 мг/кг сырой массы в 2019 г.

Выводы

1. Применение микроудобрений и регулятора роста существенно увеличило площадь листовой поверхности растений столовой свеклы к фазе технической спелости и к моменту уборки.

2. Наибольшая площадь листовой поверхности одного растения столовой свеклы в фазу технической спелости (1198,6 и 1245,7 см²) отмечена в вариантах N₉₀P₈₀K₁₃₀ + МикроСтим Бор, Медь и N₁₀₀P₉₀K₁₄₀ + МикроСтим Бор, Медь, что и обеспечило наиболее высокую урожайность корнеплодов (52,7 и 54,8 т/га) в этих вариантах опыта.

3. Некорневая подкормка посевов столовой свеклы микроудобрением МикроСтим Бор, Медь на фоне N₁₀₀P₉₀K₁₄₀ способствовала получению урожайности корнеплодов 54,8 т/га, с наибольшим содержанием сухого вещества и сахаров – 17,3 и 15,6 % соответственно при окупаемости 1 кг NPK кг корнеплодов – 105 кг.

4. Микроудобрение МикроСтим Бор на фоне N₉₀P₈₀K₁₃₀ обеспечивало наибольшую товарность корнеплодов – 94,6 %.

5. Изучаемые системы удобрения с применением микроудобрений и регулятора роста Экосил не вызывали повышения содержания нитратов в корнеплодах столовой свеклы свыше ПДК.

Литература

1. Царева, М.В. Факторы экологизации интенсивных технологий возделывания овощных культур и получения качественной продукции / М.В. Царева // Экологический мониторинг, моделирование и проектирование в условиях природных, городских и агроэкосистем: сборник материалов Московской международной летней экологической школы MOSES-2015, Москва, 1-11 июля 2015 г. / РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; редкол.: И. И. Васенева [и др.]. – М.: ООО «Скрипта манент», 2015. – С. 181–183.
2. Современные технологии в овощеводстве / А.А. Аутко [и др.]; под ред. А.А. Аутко. – Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 490 с.
3. Рынок овощей «борщового набора» / Т. Кучеренко // Овощеводство. – 2011. – № 12 (84). – С. 34-40.
4. Аутко, А.А. Концепция развития овощеводства в Республике Беларусь на период до 2015 года / А.А. Аутко, Н.П. Купреенко // Овощеводство: сб. науч. тр. / РУП Ин-т овощеводства НАН Беларуси»; редкол.: А.А. Аутко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Т. 17. – С. 7-19.
5. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2018. – 235 с.
6. Оптимизация системы удобрения сельскохозяйственных культур при комплексном применении макро-, микроудобрений, регуляторов роста и бактериальных препаратов: рекомендации / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – 34 с.
7. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С.Ю. Булыгин [и др.]; под ред. С.Ю. Булыгина. – 3-е изд. – Днепропетровск: Січ, 2007. – 100 С.
8. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
9. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М.В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – №1(60). – С. 180-192.

10. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С.С. Литвинов. – М., 2011. – 650 с.

11. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М., 1985. – 235 с.

12. Дзямбіцкі, М.Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М.Ф. Дзямбіцкі // Вес. Нац. акад. аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3 – С. 60–64.

INFLUENCE OF MACRO-AND MICROFERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS ON DYNAMICS OF LEAF AREA DURATION, YIELD AND QUALITY OF BEETROOT ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

I.R. Vildflush, N.E. Khizaneishvili

The article presents the results of studying the impact of Belarusian microfertilizers MicroStim, Ecosil growth regulator, Polish microfertilizer Ekolist Bor on the yield and quality of root crops of beetroot. It's established that the application of the studied micronutrients contributes to an increase in the yield of table beet root crops, as well as to the content of dry matter and sugar in them.

УДК 633.12:631.82:631.559

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ И МИКРОУДОБРЕНИЙ МИКРОСТИМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ГРЕЧИХИ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

П.А. Ширко, кандидат с.-х. наук, П.Г.Кукишинов, С.Н.Рыжков
РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция
НАН Беларуси», аг. Дашиковка, Могилевский район,

***Аннотация.** В статье приводятся результаты о применении регуляторов роста Экопин и Экосил с микроудобрением МикроСтим (Цинк Бор) при возделывании гречихи диплоидного сорта Сапфир и тетраплоидного Марта. Показано, что совместное их применение при обработке растений гречихи в фазу бутонизации позволило получить урожайность зерна сорта Сапфир 20,9 ц/га, сорта Марта – 22,4 ц/га.*

Среди крупяных культур гречиха занимает главенствующее положение как важнейшая продовольственная культура не только в Беларуси, но и во многих странах мира. Полученная в результате переработки зерна гречихи крупа как основной продукт по вкусовым и диетическим свойствам является одним из полноценных продовольственных продуктов, используемых в кулинарии для приготовления различных блюд. Издавна на Руси в народе гуляли сказки: «Хлеб ржаной – отец родной, гречневая каша – мать наша», «Не страшен мороз, что на дворе трещит, коли гречневая каша в печи стоит». Генералиссимус А.В. Суворов называл гречневую кашу богатырской пищей. В то время она составляла существенную часть солдатского рациона. А еще, гречневую крупу

за высокие питательные и диетические достоинства в народе иногда называют «царицей круп».

Существенное преимущество гречиха имеет среди других культур, поскольку является одним из лучших отечественных медоносных растений [1]. В последнее время цветки и листья гречихи в виде настоев используются в народной медицине при гипертонической болезни и предупреждения атеросклероза.

Однако, несмотря на высокое продовольственное значение, объемы производства гречневой крупы на душу населения в Беларуси, к сожалению, в настоящее время далеки от минимальной медицинской нормы [2, 3, 4].

В число факторов, позволяющих реализовать биологический потенциал гречихи, как и любой другой полевой культуры, входит технология ее возделывания, основанная на биологических особенностях этой культуры. Урожайность гречихи в республике остается невысокой и практически в 3-4 раза ниже, чем у основных зерновых культур, таких как пшеница, ячмень [5]. Особенностью и отличительным качеством гречихи от других зерновых культур является энтомофильный характер опыления, что делает ее недостаточно конкурентоспособной по формированию величины урожая. Это снижает интерес производителей к ее возделыванию, несмотря на высокое продовольственное значение, особенно в детском и диетическом питании.

Значительного роста площадей, занимаемых этой культурой в последние годы, не наблюдается, что и повлекло за собой уменьшение валовых сборов при невысокой урожайности. Это является предпосылкой неустойчивости на внутреннем рынке потребительских цен на гречневую крупу из отечественного сырья [2].

Факторами низкой урожайности гречихи в условиях Беларуси являются не только биологические особенности культуры (склонность к израстанию на высокоплодородных агрофонах, растянутость цветения, недружное созревание и др.), но и несоблюдение оптимального режима питания и приемов возделывания. Кроме этого, урожайность гречихи крайне нестабильна по годам и сильно зависит от погодных условий в течение всей вегетации, особенно в период плодообразования и налива семян. Поэтому вопросы повышения урожайности гречихи и ее стабильности, улучшения качества продукции, получаемой из зерна этой культуры, послужили основанием для проведения настоящих исследований.

Условия и методика проведения исследований. Исследования по изучению влияния регуляторов роста растений и микроудобрений на урожайность и качество зерна гречихи проводились в 2016–2018 гг. в полевом севообороте РУП «Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция НАН Беларуси» на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком. По результатам агрохимических анализов пахотный горизонт характеризовался слабокислой ($\text{pH}_{\text{кел}} - 5,60-5,75$) реакцией почвенной среды, низким содержанием гумуса (1,55–1,61 %), повышенным содержанием $\text{P}_2\text{O}_5 - 293-320$ мг/кг и средним содержанием $\text{K}_2\text{O} - 138-145$ мг/кг почвы. Содержание бора (0,65–0,72 мг/кг) и цинка (0,31–0,44 мг/кг) соответст-

вовало средней степени обеспеченности пахотного слоя этими микроэлементами [6].

Закладка полевого опыта, фенологические наблюдения, химические анализы почвы и растений осуществлялись по общепринятым методикам. Площадь учетной делянки 25 м², повторность четырехкратная.

В качестве основного удобрения (N₄₅P₆₀K₉₀) под гречиху осенью под вспашку вносили аммофос (12% N, 50% P₂O₅) и хлористый калий (60% K₂O), весной под предпосевную культивацию – мочевины (46% N). Посев проведен в начале второй декады мая широкорядным способом сеялкой СН-16 при прогревании почвы до 15–18 °С и оптимальной влажности (60–70 % ППВ).

Глубина заделки семян – 3 см для диплоидного сорта, 4 см – для тетраплоидного. Норма высева 1,5 млн всхожих семян на один гектар [7].

Химическая прополка посевов гречихи в опыте проведена в фазу 1-го настоящего листа культуры и семядольных листьев сорняков препаратом Бицепс Гарант, КЭ (0,75 л/га).

Уборка урожая проведена комбайном SAMPO 2010 поделаячно.

Зерно с каждой делянки взвешивалось отдельно с последующим пересчетом на 14 % влажность и 100 % чистоту.

Погодные условия в годы проведения исследований отличались от многолетних по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Вегетационные периоды 2016–2018 гг. характеризовались неоднородным температурным режимом с дефицитом осадков в отдельные периоды роста и развития растений гречихи.

В качестве регуляторов роста и развития растений при проведении исследований использовали Экопин – биологический препарат, в основу которого положен продукт биосинтеза полезных почвенных бактерий, а также стартовый набор элементов питания, и Экосил, который обладает еще и фунгицидным действием.

В качестве микроудобрений использовали многокомпонентное кристаллическое водорастворимое удобрение МикроСтим (Цинк, Бор) с биостимулятором, которое представляет собой водорастворимые концентраты, приготовленные на основе хелатов, металлоэлементов в органоминеральной форме с добавлением регуляторов роста Гидрогумин и Гидрогумат.

Регуляторы роста и микроудобрение применяли при обработке вегетирующих растений в фазу бутонизации.

Объектом исследований являлся диплоидный сорт гречихи *Сanfур* (2n) и тетраплоидный *Марта* (4n), которые характеризовались следующими хозяйственно полезными признаками:

Сanfур. Диплоидный сорт детерминантного типа. Среднеспелый, длина вегетационного периода 79–96 дней. Низкорослый, высота растений 73–79 см, устойчивость к полеганию 4,0 – 5,0 баллов. Зерно крупное и выровненное, масса 1000 плодов 26,6 – 36,4 г. Содержание белка в зерне 14,0 – 15,1 %. Высокие технологические качества зерна: выравненность 90 %, выход крупы 73 %, пленчатость 25,3 %. Максимальная урожайность за годы испытания 42,6 ц/га [8].

Марта. Тетраплоидный сорт индетерминантного типа, отличительной особенностью которого является более дружное цветение, плодообразование и созревание зерна. Среднеспелый, период вегетации в среднем 94 дня. Высота растений до 100 см. Зерно крупное, масса 1000 плодов в среднем 37,1 г. Высокие технологические качества зерна: выход крупы 72 %, содержание белка в зерне 14,0 %, пленчатость 26,6 %, вкус каши 5,0 баллов. Максимальная урожайность за годы испытания 35,7 ц/га [9].

Результаты исследований и их обсуждение. Гречиха, как и другие культурные растения, наряду с основными элементами питания (азот, фосфор, калий, кальций), которые выносятся с урожаем в значительных количествах, требует для нормального роста и развития внесения микроудобрений.

Растения гречихи также отличаются растянутым сроком цветения, плодообразования и созревания, которые в пределах одного растения и даже соцветия могут длиться от 30 до 45 дней. Наряду с метеорологическими факторами на это влияет то, что по сравнению с надземной массой у гречихи слабо развита корневая система, которая не может полностью обеспечить питательными веществами и влагой значительное количество закладываемых цветков и завязывающихся плодов. Внесение в период вегетации микроэлементов и регуляторов роста растений может сократить влияние негативных факторов на эти процессы. Достаточное количество микроудобрений способствует более полному использованию минеральных удобрений [10].

Исследования по выявлению факторов, влияющих на продуктивность, технологические свойства и биохимический состав зерна гречихи в условиях конкретного региона, обусловлена тем, что в разных агроклиматических условиях содержание основного элемента, определяющего питательную ценность зерна гречихи, белка, может колебаться в пределах 20–25 % [11].

Поиск путей повышения урожайности гречихи с использованием регуляторов роста растений и микроудобрений имеет большое народнохозяйственное значение, является актуальным, представляет научный интерес и требует дальнейшего глубокого изучения [12].

В наших исследованиях в среднем за три года совместное применение Экосила в дозе 0,1 л/га с микроудобрением МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га в фазу бутонизации позволило сформировать урожайность зерна диплоидной гречихи сорта *Санфир* 20,4 ц/га (таблица 1).

Максимальная урожайность зерна у этого сорта (20,9 ц/га) получена при внесении Экопина (0,03 кг/га) с МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га. При этом прибавка зерна в зависимости от используемых препаратов с обработкой растений гречихи Экосилом и Экопином с МикроСтим (Цинк, Бор) в изучаемых дозах по отношению к контролю составила 4,3–4,8 ц/га или 26,7–29,8 %.

Тетраплоидный сорт *Марта* при совместной обработке растений в фазу бутонизации Экопином в дозе 0,03 кг/га с МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га сформировал урожайность зерна 20,8 ц/га. Обработка вегетирующих растений смесью Экосила (0,1 л/га) и МикроСтим (Цинк, Бор) в дозе 1,6 кг/га в эту фазу обеспечила получение максимальной урожайности зерна гречихи 22,4 ц/га, которая превысила контрольный вариант на 5,4 ц/га (31,8%).

Таблица 1 – Урожайность зерна гречихи в зависимости от совместного применения регуляторов роста и микроудобрений в фазу бутонизации, ц/га

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка	
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	ц/га	%
Сорт Сапфир						
Контроль	14,3	16,6	17,4	16,1	-	-
Экопин, 0,03 кг/га + Микро-стим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	18,4	21,2	23,1	20,9	4,8	29,8
Экосил, 0,1 л/га + Микро-стим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	17,8	20,6	22,5	20,4	4,3	26,7
НСР ₀₅	1,3	0,8	0,9	1,1		
Сорт Марта						
Контроль	15,4	17,3	18,2	17,0	-	-
Экопин, 0,03 кг/га + Микро-стим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	18,2	21,4	22,9	20,8	3,8	22,3
Экосил, 0,1 л/га + Микро-стим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	19,6	22,5	24,7	22,4	5,4	31,8
НСР ₀₅	1,5	0,8	1,2	1,3		

В наших исследованиях особенности диплоидного и тетраплоидного сорта по-разному проявлялись под влиянием регуляторов роста и микроудобрений при определении химического состава зерна и продуктивности растений. Так, применение Экопина с МикроСтим (Цинк, Бор) в фазу бутонизации в дозах, указанных выше, позволило сформировать зерно гречихи *Сапфир* с наиболее высоким содержанием (14,87 %) белка, (3,24 %) жира и наиболее высокую массу 1000 плодов – 31,0 г, при этом содержание белка на 1,88 %, жира на 1,09 %, масса 1000 плодов на 3,7 г были выше показателей, полученных в контрольном варианте (таблица 2).

У сорта *Марта* при применении Экосила с МикроСтим (Цинк, Бор) белковость зерна и содержание жира составило 13,86 % и 3,12 % соответственно, масса 1000 плодов – 36,5 граммов.

Зольность зерна у обоих сортов под влиянием изучаемых факторов изменялась незначительно.

При определении целесообразности применения того или иного приема возделывания сельскохозяйственных культур и для объективной оценки эффективности необходим экономический анализ.

Расчеты показали, что применение регуляторов роста Экопин и Экосил совместно с МикроСтим (Цинк, Бор) при обработке растений гречихи диплоидного сорта *Сапфир* и тетраплоидного сорта *Марта* в фазу бутонизации оказывали значительное влияние на показатели экономической эффективности.

Наиболее высокие значения прибыли с одного гектара и рентабельности производства зерна у сорта *Сапфир* получены при обработке растений в фазу бутонизации Экопин 0,03 кг/га + МикроСтим (Цинк, Бор) 1,6 л/га, где прибыль составила 874,05 рублей при уровне рентабельности 110 %. По отношению к

Таблица 2 – Влияние совместного применения регуляторов роста и микроудобрений на массу 1000 плодов и химический состав зерна гречихи в фазу бутонизации (среднее за 2016–2018 гг.)

Вариант	Масса 1000 плодов		Содержание				Зольность, %
	г	±к контролю	белка		жира		
			%	±к контролю	%	±к контролю	
Сорт Сапфир							
Контроль	27,3	-	12,99	-	2,15	-	2,07
Экопин, 0,03 кг/га + МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	31,0	+3,7	14,87	+1,88	3,24	+1,09	2,14
Экосил, 0,1 л/га + МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	30,6	+3,3	13,76	+1,36	3,06	+0,91	2,15
НСР ₀₅	1,6		0,56		0,42		0,11
Сорт Марга							
Контроль	31,1	-	12,18	-	2,27	-	2,12
Экопин, 0,03 кг/га + МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	35,0	+3,9	13,38	+1,20	2,86	0,59	2,17
Экосил, 0,1 л/га + МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	36,5	+5,4	13,86	+1,68	3,12	0,85	2,19
НСР ₀₅	1,8		0,45		0,28		0,08

контролю прибыль увеличилась на 66,7 %, рентабельность на 54,9 %, себестоимость производства зерна снизилась на 19,5 %.

У тетраплоидного сорта *Марга* при обработке вегетирующих растений Экопил + МикроСтим (Цинк, Бор) в сравнении с контрольным вариантом прибыль увеличилась на 67,5 %, рентабельность на 63,2 %, себестоимость производства зерна снизилась на 19,8 % (таблица 3).

Таблица 3 – Экономическая эффективность совместного применения регуляторов роста и микроудобрений на посевах гречихи в фазу бутонизации (среднее за 2016 – 2018 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Себестоимость 1 ц зерна, руб.	Прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
1	2	3	4	5
Сорт Сапфир				
Контроль	16,1	48,34	524,16	71
Экопин, 0,03 кг/га + МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	20,9	38,92	874,05	110
Экосил, 0,1 л/га + МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	20,4	39,61	844,42	105

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Сорт Марта				
Контроль	17,0	46,21	596,12	76
Экопин, 0,03 кг/га + МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	20,8	39,40	866,94	107
Экосил, 0,1 л/га + МикроСтим (Цинк, Бор), 1,6 л/га	22,4	37,07	998,67	124

Заклучение

Применение регуляторов роста Экопин и Экосил совместно с микроудобрением МикроСтим (Цинк, Бор) в фазу бутонизации гречихи на фоне основного минерального удобрения, вносимого в дозе $N_{45}P_{60}K_{90}$, позволило получить урожайность зерна диплоидного сорта *Сапфир* 20,9 ц/га, тетраплоидного сорта *Марта* 22,4 ц/га, увеличить прибыль и рентабельность производства. При этом улучшился качественный состав зерна у обоих сортов за счет увеличения массы 1000 плодов на 3,3-5,4 г, увеличения содержания белка на 1,20–1,88 %, жира на 0,59–1,09 %.

Литература

1. Николаев, М.Е. Технология и машины для посева и уборки гречихи / М.Е. Николаев, В.Р. Петровец // Горки: БГСХА, 2012. – 74 с.
2. Анохина, Т.А. К стабилизации валовых сборов зерна гречихи в Беларуси / Т.А. Анохина, Е.Н. Дубовик // Наше сельское хозяйство. – 2014. – №3. – С. 26–32.
3. Цыганов, А.Р. Эффективность применения минеральных удобрений, Эпина и биопрепаратов при возделывании гречихи / А.Р. Цыганов, И.В. Полховская // Земляробства и ахова раслін. – 2017. – №4. – С. 22–26.
4. Гвоздова, Л.И. К использованию БАВ на диплоидной гречихе / Л.И. Гвоздова, Л.П. Картавенкова // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. института земледелия и селекции; ред. кол. М.А. Кадыров (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2003. – Вып.39. – С. 171–178.
5. Кадыров, Р.М. Возделывание гречихи в Республике Беларусь / Р.М. Кадыров, Т.А. Анохина // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси. – Минск, 2007. – С. 165–170.
6. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений / В.В. Лапа: учеб. пособие. – Горки: Белорусская сельскохозяйственная академия, 2002. – 48 с.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ Беларуси по земледелию; рук. разработ. : Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.
8. Сапфир [Электронный ресурс] РУП «Научно – практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Режим доступа: // www.agronom.info/cat/seeds/fieldcrop/buchwheat/7741-sapfir.
9. Марта [Электронный ресурс] ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов». – Режим доступа: // www.sorttest.by/grechih.pdf.
10. Мишина, О.С. Физиологические основы применения регуляторов циркона и карвитола для увеличения продуктивности гречихи / О.С. Мишина, С.Л. Белопухов, Л.Д. Прусакова // «Агрохимия». – 2010. - №1. - С. 42 – 54.

11. *Коротков, А.В.* Формирование урожайности и качества зерна гречихи при использовании регуляторов роста: автореф. дис. канд. с. х. наук / А.В. Коротков. – Москва, 2012. – 25 с.

12. *Рак, М.В.* Применение микроудобрений МикроСтим в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М.В.Рак, С.А.Титова // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 февраля 2019г. / Институт почвоведения и агрохимии; редкол.: В.В. Лапа (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 86–87.

EFFICIENCY OF JOINT APPLICATION OF GROWTH REGULATORS AND MICROFERTILIZERS MICROSTIM IN CULTIVATING BUCKWHEAT UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL PART OF BELARUS

P.A. Shirko, P.G. Kuvshinov, S.N. Ryzhikov

The paper presents the results of the application of growth regulators Ecopin and Ecosil together with microfertilizers MicroStim (Zink, Boron) in cultivating the diploid variety Sapfir and tetraploid variety Marta. It's shown that their joint application to buckwheat plants at the budding stage makes it possible to obtain the yield of 20.9 dt/ha of the Sapfir variety and the yield of 22.4 dt/ha of the Marta variety.

УДК 633.11«321»:631.84:577.112

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК КАРБАМИДОМ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В.Н. Бушневич, кандидат с.-х. наук, *И.Е. Дробудько*, кандидат с.-х. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 04.05.2020)

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

Аннотация. *В статье приведены результаты исследования эффективности некорневых подкормок азотным удобрением яровой мягкой пшеницы сорта Любава в разные фазы роста и развития растений дифференцированными дозами. Некорневые подкормки карбамидом обусловили повышение количества белка в зерне. Наибольшее его содержание получено при внесении N_{15} и N_{20} в фазу начало формирования зерна (ДК 71) – 14,4 и 15,0 % соответственно, что на 3,6 и 7,9 относительных процентов больше, чем в контрольном варианте.*

Введение. Производство зерна пшеницы высокого качества для хлебопечения, макаронных и кондитерских изделий – исключительно важная и актуальная задача. Более высокое качество зерна яровой пшеницы в сравнении с озимой обусловлено генетически, что определяет устойчивый интерес к выращиванию на продовольственные цели лучших современных сортов пшеницы яровой.

Главной ценностью зерна пшеницы является белок, которому принадлежит ведущая роль в определении хлебопекарного качества в силу того, что клейковинные белки этой культуры способны поглощать и удерживать большое количество воды, формируя микромолекулярный каркас, отвечающий за такие свойства теста, как эластичность, упругость и растяжимость. Он выполняет важнейшую роль в жизненных процессах, будучи важнейшим питательным веществом для человека и животных. Синтез и накопление белка в зерне пшеницы начинается вскоре после образования зерновки. В итоге его содержание может варьировать в очень широких пределах – от 9,2 до 25,8 %. Имеются данные о том, что содержание белка можно повысить без снижения урожая примерно до 16 % [1, 2, 3]. Дальнейшее повышение его содержания происходит лишь при снижении урожайности и массы 1000 зерен в условиях недостатка влаги при повышенной температуре воздуха в период вегетации и при применении высоких доз азотных удобрений [4]. Поступление азота в растение в фазу колошения – налива зерна в силу ряда причин (недостаточная влажность почвы, высокие температуры и др.) бывает ограниченным, что не способствует формированию зерна высокого качества. Для получения такого зерна необходимо применение специальных агротехнических приемов, с помощью которых в период вегетации корректируется обеспеченность посевов азотом. Одним из таких приемов является некорневая подкормка, которая позволяет в определенной мере улучшить азотное питание растений. Содержание белка – важный признак качества зерна пшеницы, но высокое его содержание не всегда позволяет получить качественные хлебобулочные изделия [5].

Некорневые подкормки макро- и микроудобрениями способствуют повышению общей и продуктивной кустистости [6], оказывают положительное влияние на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы [7].

По обобщенным результатам многочисленных опытов, подкормка пшеницы в фазы колошение – молочная спелость зерна является наиболее эффективным приемом повышения качества зерновой продукции. Применение азотных удобрений в поздние фазы развития растений пшеницы повышает урожайность, улучшает качество продукции, увеличивая в ней содержание белка, незаменимых аминокислот, витаминов, других веществ, требующихся для питания человека и животных, а также способствует улучшению посевных качеств семян [8].

Исходя из выше изложенного, получение зерна яровой пшеницы со стабильным и высоким содержанием белка является актуальным вопросом в производстве, изучению которого посвящены данные исследования.

Методика и объекты исследований. Влияние некорневой подкормки минеральным азотом яровой пшеницы в разные фазы развития растений изучали на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Объектом исследований были посевы яровой мягкой пшеницы, сорт Любава. Данный сорт по хозяйственно-биологической характеристике относится к среднеспелым, устойчив к полеганию, слабовосприимчив к мучнистой росе и септориозу. Содержание белка в зерне 14,2 %, клейковины 25,3 %, в муке – 31,3 %. Включен в список сортов, наиболее ценных по качеству. Является

контрольным сортом в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений».

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднеподзоленная легко-суглинистая. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: содержание P_2O_5 – 225–259 мг/кг, K_2O – 240–296 мг/кг почвы по методу Кирсанова, слабо-кислая реакция (PH_{KCl} – 5,8–6,0) почвенной среды, гумус – 1,9–2,2 %.

Агротехника возделывания – общепринятая для хозяйств Беларуси в соответствии с отраслевым регламентом [9]. Предшественник – зернобобовые культуры. 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. Размещение делянок систематическое, учетная площадь 10 м², повторность 4-х кратная. В фазу кушения яровой пшеницы проводили химическую прополку посевов гербицидом Примадонна (0,8 л/га), а в фазу «флаговый лист» (ДК 37–39) – защита от болезней фунгицидом Прозаро (0,8 л/га).

В качестве азотных удобрений в опытах применяли карбамид, выпускаемый в Республике Беларусь на ОАО «Гродно Азот». Мочевина (карбамид) – концентрированное твердое азотное удобрение содержит 46 % азота ($CO(NH_2)_2$) в амидной форме, гранулированное вещество белого цвета, малогигроскопично, почти не слеживается во время хранения, имеет высокую сыпучесть, хорошо рассеивается.

Некорневая подкормка производилась в ранние утренние часы ранцевым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости устанавливали из расчета 300 л/га. Перед уборкой отбирали образцы зерна, в которых определяли содержание белка. Уборку проводили комбайном Winterstaiger delta. После технологической очистки и сушки зерно соответствовало 100 % чистоте и стандартной влажности (14 %). Статистическую обработку результатов проводили по Б.А. Доспехову [10].

Схема опыта предусматривала следующие варианты:

1. $P_{60} + K_{90}$ – (осенью), N_{90} (предпосевная культивация) + N_{30} (фаза кушения) = 120 кг/га - Фон
2. Фон + N_{10} , «флаговый лист» (ДК 37–39)
3. Фон + N_{15} , «флаговый лист»
4. Фон + N_{20} , «флаговый лист»
5. Фон + N_{10} , цветение (ДК 61–69)
6. Фон + N_{15} , цветение
7. Фон + N_{20} , цветение
8. Фон + N_{10} , начало формирования зерна (ДК 71)
9. Фон + N_{15} , начало формирования зерна
10. Фон + N_{20} , начало формирования зерна
11. Фон + N_{10} , начало молочной спелости (ДК 73–77)
12. Фон + N_{15} , начало молочной спелости
13. Фон + N_{20} , начало молочной спелости

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались по температурному режиму и влагообеспеченности.

Так, вегетационный период 2017 г. был наиболее благоприятным для роста и развития растений, что привело к формированию высокой урожайности зерна пшеницы яровой в условиях этого года. Погодные условия 2018 г. были наиболее экстремальными.

Апрель 2018 г. был очень теплым. Температура воздуха (по данным метеостанции г. Борисов) во все декады была выше климатической нормы на 2,0–4,0 °С, а достаточное количество влаги в почве и повышенная температура воздуха способствовали быстрому и дружному появлению всходов. В мае и первой декаде июня было тепло и сухо. Среднесуточная температура воздуха была выше климатической нормы на 0,6–6,0 °С, а количество осадков составило всего 0–22 мм. Это привело к быстрому наступлению стадии колошения растений. Улучшению условий для налива зерна способствовали дожди (53–77 мм от нормы), прошедшие во вторую и третью декады июня. Избыточное количество осадков в первой и второй декадах июля (136–189 мм от нормы) при средней температуре воздуха 16,2–20,1 °С способствовало хорошему наливу зерна, однако привело к появлению большого количества подгонов. Повышенная температура воздуха в конце июля – начале августа (на 2,9–3,1 °С выше нормы) способствовала быстрому и дружному созреванию зерна и проведению уборки в ранние сроки.

В 2019 г. период роста растений характеризовался еще более нестабильными погодными условиями, чем в 2018 г. Слабое увлажнение верхнего 10-сантиметрового слоя почвы в апреле сильно осложнило условия для появления всходов яровой пшеницы. Сохраняющийся большую часть июня дефицит осадков вызвал существенное уменьшение содержания влаги в почве и обусловил возникновение почвенной засухи. Из-за высоких температур и почвенной засухи ухудшились условия для формирования и налива колоса яровой пшеницы. Июль характеризовался преобладанием неустойчивой прохладной погодой. Средняя температура воздуха за месяц составила +15 °С, что на 2,5 °С ниже климатической нормы. Количество осадков в июне оказалось близким к климатической норме. Июль характеризовался преобладанием неустойчивой прохладной погоды. Средняя температура воздуха за месяц составила от +15 °С, что в основном на 1–2,5 °С ниже климатической нормы. Количество осадков в июле оказалось близким к климатической норме.

Результаты исследований и их обсуждение. Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов установлено, что содержание белка в зерне – это наследуемый признак, который имеет полигенную природу, но, несмотря на это, содержание белка в зерне подвержено большой изменчивости в зависимости от почвенно-климатических условий, продолжительности вегетационного периода, минерального питания, предшественников и других факторов. Определяющим моментом при формировании белка в зерне является температурный режим: более высокая температура способствует более активной агрегации белковых молекул за счет межмолекулярных белковых дисульфидных связей, то есть укреплению клейковины [6].

Некорневая подкормка является эффективным способом влияния на обеспеченность растений легкоусвояемым минеральным питанием. Питательные вещества в результате обработки наносятся непосредственно на вегетирующее растение, прочно удерживаются на нем и быстро поглощаются, сразу включаясь в процессы метаболизма.

Основным критерием оценки системы агротехнических приемов является величина урожайности сельскохозяйственных культур и отдельные качественные показатели. Одним из основных показателей качества зерна пшеницы является массовая доля белка, от содержания и свойства которого зависят хлебопекарные качества муки.

Количественное содержание белка в зерне является наследственным признаком, однако оно нестабильно и изменяется в определенных пределах в зависимости от агротехнических приемов возделывания. Заметное влияние на содержание сырого белка оказывают азотные удобрения [1, 2].

В наших опытах изучалось содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы в зависимости от сроков проведения некорневых подкормок карбамидом и доз внесения азотного удобрения. Анализ результатов трехлетних исследований указывает, что количественное его содержание варьировало от 13,7 до 15,2 % в зависимости от варианта опыта и года исследований. Наибольшее содержание белка в зерне в среднем за три года было отмечено при внесении N_{15} и N_{20} в фазу начала формирования зерна (ДК 71) – 14,4 и 15,0 % соответственно, что на 3,6 и 7,9 относительных процентов больше, чем в контрольном варианте. Достоверное увеличение содержания белка в зерне отмечено также в варианте с использованием этих же доз в фазу начала молочной спелости (таблица 1).

При применении азотного удобрения в фазы флагового листа и цветения количество белка увеличивалось незначительно, что обусловлено ростовым разбавлением, так как некорневые подкормки мочевиной, проведенные в этой фазе, в большей степени, чем поздние подкормки, влияли на формирующуюся урожайность зерна.

Сбор белка с единицы площади является важной характеристикой эффективности применяемых удобрений. Проведенный анализ этого показателя свидетельствует о том, что каждая из изучаемых норм внесения увеличивала сбор белка, а также об отсутствии существенного преимущества какого-либо варианта (таблица 2).

Сбор белка с 1 га посевов яровой пшеницы изменялся за годы исследований по вариантам от 422 до 542 кг с 1 га при средней величине 485,5 кг с 1 га. Наибольшие значения сбора белка с 1 га были получены от применения некорневой подкормки карбамидом дозой N_{15} и N_{20} в фазу флагового листа, что выше контрольного варианта на 49,6 и 47,2 кг/га соответственно. Несколько меньше эффективного было применение в эту же фазу удобрений с дозой N_{10} . Сбор белка в среднем за три года в данном варианте составил 498 кг/га. По сравнению с контрольным вариантом этот показатель увеличивался на 8,4 относительных процента.

Таблица 1 – Влияние некорневой подкормки на содержание белка в зерне яровой пшеницы, % в абсолютно сухом веществе

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

НСР₀₅

0,2-0,3

Таблица 2 – Сбор белка зерна яровой пшеницы по вариантам опыта, кг/га

Вариант	Фаза развития яровой пшеницы (ДК)	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее за 2017-2019 гг.	Превышение к контролю, %
Р ₆₀ К ₉₀ (осенью), N ₉₀ (предпосевная культивация) + N ₃₀ фаза кущения – фон	Контроль	456,0	460,0	462,3	459,4	-
фон – N ₁₀	<i>Флаговый лист (ДК 39)</i>	492,0	502,0	500,0	498,0	8,4
фон – N ₁₅		506,0	516,6	504,4	509,0	10,8
фон – N ₂₀		505,7	506,0	508,0	506,6	10,3
фон – N ₁₀	<i>Цветение (ДК 61-69)</i>	464,0	484,0	485,2	477,7	4,0
фон – N ₁₅		479,5	500,8	493,6	491,3	6,9
фон – N ₂₀		482,8	503,1	494,6	493,5	7,4
фон – N ₁₀	<i>Начало формирования зерна (ДК 71)</i>	422,6	500,8	500,5	474,6	3,3
фон – N ₁₅		435,8	513,8	518,3	489,3	6,5
фон – N ₂₀		452,0	426,3	542,5	473,6	3,1
фон – N ₁₀	<i>Начало молочной спелости (ДК 73-77)</i>	443,8	489,2	486,3	473,1	3,0
фон – N ₁₅		476,8	458,2	495,1	476,7	3,8
фон – N ₂₀		448,7	512,1	503,9	488,2	6,3

НСР₀₅

23,0-29,1

Выводы

1. Наибольшее содержание белка в зерне яровой пшеницы *Любава* было получено при внесении N_{20} в фазу начала формирования зерна (ДК 71) – начала молочной спелости (ДК 73–77) – 15,0 %, что на 7,9 % выше, чем в контрольном варианте.

2. Некорневое внесение азота дифференцированно по фазам развития растений положительно отличается от фона по сбору белка в зерне. Так, в фазу флагового листа (ДК 39) при дозах азота N_{15} и N_{20} сбор белка превышал контроль на 10,8 и 10,3 процента соответственно.

3. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности некорневой подкормки карбамидом яровой мягкой пшеницы сорта *Любава* как технологического приема, проводимого с целью увеличения содержания белка в зерне.

Литература

1. Сёмина, С.А. Изменение качества зерна пшеницы и ржи в Пензенской области / С.А. Сёмина, Н.В. Жигалина // Зерновое хозяйство. – 2003. – №7. – С. 11–12.
2. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа, Т.Ф. Персикова. – Минск: УП «Технопринт», 2005.
3. Берестов, И.И. Урожайность и потребление азота сортами яровой мягкой пшеницы при разных уровнях азотного питания растений / И.И. Берестов [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» редкол. : Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2014 – Вып. 50. – С. 116–124.
4. Воллейдт, Л.П. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна пшеницы / Л.П. Воллейдт // Пути повышения урожайности зерновых колосовых культур. – М, 1966. – С. 39–48.
5. Стрельникова, М.М. Повышение качества зерна пшеницы / М.М. Стрельникова. – Киев: Урожай, 1971. – 180 с.
6. Горюшкина, Е.А. Экологическая роль применения макро- и микроудобрений в повышении продуктивности яровой пшеницы / Е.А. Горюшкина, Г.А. Игнатова // Экология ЦЧО РФ. – 2012. – № 2. – С. 112–113.
7. Ерохин, А.И. Эффективность применения жидких удобрений для внекорневой подкормки зерновых культур / А.И. Ерохин, З.Р. Цуканова, Е.В. Латынцева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4. – С. 129–133.
8. Влияние азотных удобрений на продуктивность озимой пшеницы на черноземах юга Центрального Черноземья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / В.В. Галицкий. – Москва, 2012. – 25 с.
9. 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. – 228 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985.

EFFECT OF FOLIAR APPLICATION OF CARBAMIDE ON THE PROTEIN CONTENT IN GRAIN IN CULTIVATING SPRING WHEAT

V.N. Bushtevich, I.E. Drobudko

The paper deals with the results of the research on the efficiency of differentiated foliar application of nitrogen fertilizers to the Lubava variety of spring

wheat at different stages of plant growth and development. Carbamide foliar application conditioned the increase of the protein content in grain. Its highest content was obtained when applying N_{15} and N_{20} at the grain formation stage (ВВСН71) – 14.4 and 15.0 % respectively, which is 3.6 and 7.9 relative percent more than in the standard variant.

УДК 633.13:632 [952+48]

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНГИЦИДОВ НА ПОСЕВАХ ПЛЕНЧАТОГО И ГОЛОЗЕРНОГО 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 30.03.2020)

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

Аннотация. *Представлены результаты исследований по изучению эффективности применения фунгицидов на посевах пленчатого и голозерного овса против красно-бурой пятнистости листьев и метелок в условиях депрессивного ее проявления. Выявлено, что экономически целесообразно в этих условиях проводить защиту только семеноводческих посевов.*

Введение. Овес как одна из основных зерновых культур в Беларуси, высевался в последние 5 лет на площади 148–165 тыс. га (6,2–6,7 % от всех зерновых и зернобобовых), валовой сбор зерна составлял 342–492 тыс. тонн.

Актуальным вопросом возделывания овса является защита посевов от болезней. Потери урожайности от этого фактора могут достигать 9,3–30,0 % потенциальной урожайности, при этом снижается качество зерна [1, 4].

Среди листовых болезней в посевах овса наиболее распространены красно-бурая пятнистость, корончатая ржавчина и септориоз. Их вредоносность проявляется в период появления флагового листа – начала выбрасывания метелки. Метелка овса ежегодно поражается красно-бурой пятнистостью и фузариозом. Первая из этих болезней проявляется в стадии молочной спелости зерна (ДК 73) на колосковых чешуях, для второй характерна скрытая форма проявления [3].

В исследованиях С.Ф. Буга, С.С. Санина и др. установлено, что на степень развития болезней существенное влияние оказывают погодные условия. От степени их развития (депрессия, умеренное развитие, эпифитотия) зависит окупаемость применяемых средств защиты растений [2, 5]. В этой связи практический интерес представляют исследования по изучению эффективности однократного и двукратного применения фунгицидов на развитие болезней листьев и метелки овса.

Материалы и методика исследований. Исследования проводили в Смолевичском районе Минской области в 2015-2017 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая со следующими агрохимическими по-

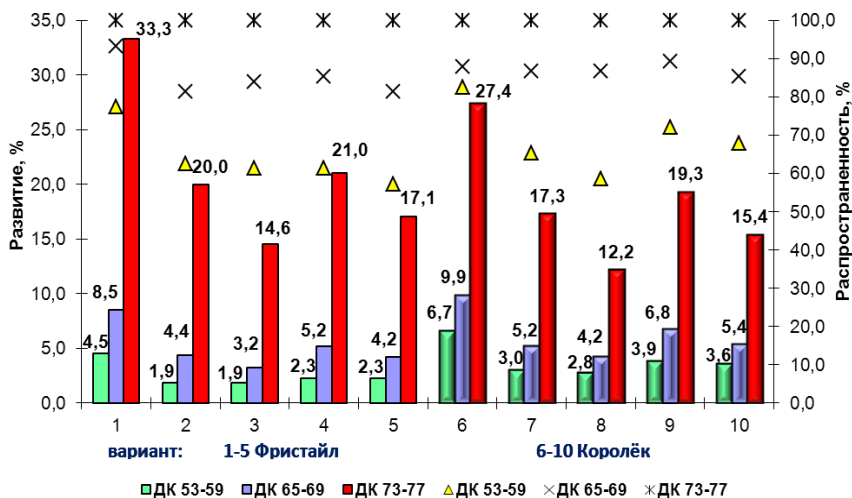
казателями: содержание гумуса 2,0–2,4 %, P_2O_5 – 230–340 мг/кг, K_2O – 230–330 мг/кг почвы, рН (в KCL) – 5,8–6,3. Предшественник – озимая рожь. Норма высева овса пленчатого сорта *Фристайл* 5,0, а голозерного сорта *Королек* 6,0 млн/га всхожих семян. Площадь учетной делянки 10 м². Повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. Минеральные удобрения в дозе $P_{80}K_{120}$ вносили под основную обработку почвы, N_{90} весной под предпосевную культивацию. Перед посевом семена обрабатывали протравителем Иншур Перформ, КС (0,5 л/т). Фунгициды вносили однократно и двукратно: в стадии ДК 37–39 (появление флагового листа, флаговый лист) и в стадии ДК 55–59 (выметывание). Учеты болезней проводили согласно общепринятой методике с интервалом 7–10 дней от первой фунгицидной обработки. Овес убирали прямым комбайнированием с последующим взвешиванием зерна и пересчетом урожайности на 100 % чистоту и 14 % влажность. Оценку экономической эффективности применения фунгицидов проводили согласно методическим указаниям [6] в ценах по состоянию на 26.12.2019 г.

Результаты исследований и их обсуждение. Развитие красно-бурой пятнистости листьев овса в метеорологических условиях 2015–2017 гг. носило депрессивный характер. Это связано с тем, что в эти годы в первой половине вегетации (3 декада мая – 3 декада июня) осадки по отдельным декадам отсутствовали полностью или их количество было ниже среднегодового уровня. Кроме того, 2017 г. отличался пониженным тепловым режимом, температура воздуха в 1 и 3 декадах июня была на 1,7 и 0,3 °С ниже среднегодовых значений. В результате этого, несмотря на высокую распространенность красно-бурой пятнистости в посевах, количество пораженных тканей растений находилось на низком уровне. Дожди в июле стимулировали дальнейшее распространение и развитие этой болезни на листьях и метелках овса. Из других заболеваний в посевах этой культуры присутствовала корончатая ржавчина. Однако ее появление на растениях в годы исследований отмечалось с фазы молочно-восковой спелости зерна преимущественно на вторичных побегах кущения. Развитие красно-бурой пятнистости листьев перед проведением первой фунгицидной обработки посевов овса в фазе появления флагового листа (ДК 37–39) в зависимости от условий вегетационного периода составляло у сорта *Фристайл* 0,7–1,2 %, а у сорта *Королек* – 0,9–1,5 %.

Уровень развития красно-бурой пятнистости листьев в контроле у пленчатого сорта овса *Фристайл* был ниже в фазу выметывания и цветения, чем у голозерного сорта *Королек*, в то же время к фазе молочной спелости зерна наблюдалась обратная закономерность. Так, в этом варианте в среднем за 3 года развитие красно-бурой пятнистости листьев овса по вышеуказанным фазам учета у пленчатого сорта составляло 4,5, 8,5 и 33,3 %, а у голозерного – 6,7, 9,9 и 27,4 % соответственно. Распространенность заболевания в этих случаях равнялась 77,3; 93,3, 100,0% и 82,7, 88,0, 100,0 % (рисунку 1).

Биологическая эффективность фунгицидов Абакус, СЭ и Рекс Дуо, КЭ в фазе выметывания (ДК 53–59), т.е. спустя 7–10 дней после их внесения в фазе флагового листа (ДК 37–39) на сорте овса *Фристайл* составляла 58,7 и 49,2 %, а на сорте *Королек* 54,3 и 41,8 % соответственно. Учет заболеваемости листьев

красно-бурой пятнистостью в фазе цветения (ДК 65–69) показал снижение эффективности вышеуказанных препаратов по сортам до 49,0; 39,4 % и 47,5; 31,2%. В этот же период отмечалось проявление данной болезни и на метелках овса. В контрольном варианте поражено было в среднем 60,0 % метелок пленчатого и 42,7 % голозерного сорта при степени пораженности 1,8 и 1,0 % соответственно. Внесение препаратов Абакус, СЭ и Рекс Дуо, КЭ уменьшало эти показатели у сорта *Фристайл* до 28,0 %, 40,0 % и 0,9 %, 1,1 %, а у сорта *Королек* – 37,3 %, 33,3 % и 0,81 %, 0,77 %.



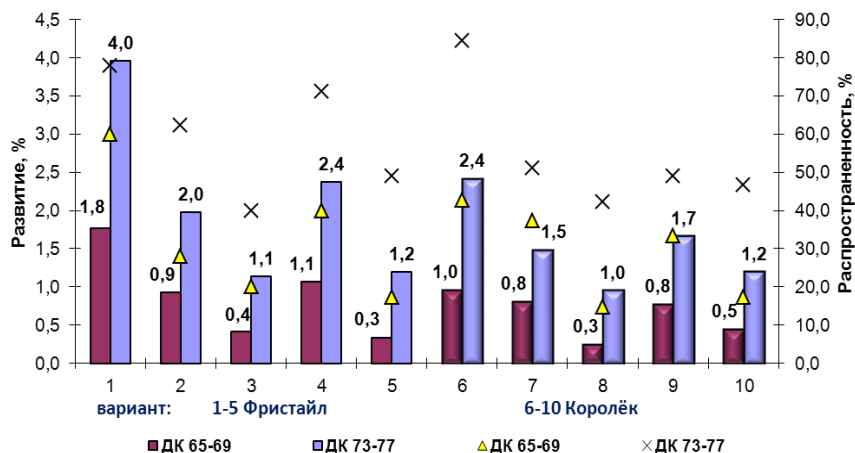
1 и 6 – Контроль (без фунгицидных обработок); 2 и 7 – Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39);
 3 и 8 – Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59);
 4 и 9 – Рекс Дуо, КЭ, 0,6 л/га (ДК 37–39); 5 и 10 – Рекс Дуо, КЭ, 0,6 л/га (ДК 37–39) +
 Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59).

Рисунок 1 – Динамика развития и распространённости красно-бурой пятнистости на листьях овса в зависимости от применяемых фунгицидов и кратности их внесения (среднее за 2015–2017 гг.)

Обработка посевов овса фунгицидом Колосаль Про, КМЭ на фоне предшествующего применения препаратов Абакус, СЭ и Рекс Дуо, КЭ позволила снизить в фазе цветения заболеваемость листьев сорта *Фристайл* красно-бурой пятнистостью на 62,3 и 51,0 %, а метелок на 76,7 и 81,2 % соответственно. На голозерном сорте *Королек* снижение заболеваемости листьев по этим вариантам составило 57,1 и 45,8 %, а метелок 73,6 и 52,8 %.

В фазе молочной спелости овса (ДК 73–77) защитное действие фунгицидов, внесенных в фазе появления флагового листа, завершилось и на фоне июльских дождей усилилось проявление красно-бурой пятнистости на листьях и метелках. Так, пораженность этой болезнью листового аппарата растений у

сорта *Фристайл* в вариантах 2 и 4 достигала 100,0 % при развитии 20,0 и 21,0 %, т.е. биологическая эффективность снизилась до 40,0 и 36,9 % соответственно. Развитие красно-бурой пятнистости на метелках овса в этих вариантах составило 2,0 и 2,4 % при распространенности болезни 62,2 и 71,1 %. Двукратное внесение фунгицидов позволило в большей степени защитить посевы овса пленчатого сорта. Так, внесение препарата Колосаль Про, КМЭ на фоне ранее внесенных фунгицидов Абакус, СЭ и Рекс Дуо, КЭ позволило снизить развитие красно-бурой пятнистости листьев до 14,6 и 17,1 % или на 56,3 и 48,7 % в сравнении с контрольным вариантом. Степень проявления этой болезни на метелках достигала 1,1 и 1,2 % при поражении 40,0 и 48,9 % соответственно (рис. 2).



1 и 6 – Контроль (без фунгицидных обработок); 2 и 7 – Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39);
3 и 8 – Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59);
4 и 9 – Рекс Дуо, КЭ, 0,6 л/га (ДК 37–39); 5 и 10 – Рекс Дуо, КЭ, 0,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59)

Рисунок 2 – Динамика развития и распространённости красно-бурой пятнистости на метелках овса в зависимости от применяемых фунгицидов и кратности их внесения (среднее за 2015–2017 гг.)

На посевах овса сорта *Королек* в фазу молочной спелости поражённость и развитие красно-бурой пятнистости на листовом аппарате и метелках так же, как и на пленчатом сорте, увеличивалась, а биологическая эффективность от применения фунгицидов снизилась. Так, по препаратам Абакус, СЭ и Рекс Дуо, КЭ она составляла 36,9 и 29,6 % соответственно. Развитие пятнистости на метелках овса при применении этих фунгицидов составляло 1,5 и 1,7 % при распространенности болезни 51,1 и 48,9 %. Вторая обработка посевов препаратом Колосаль Про, КМЭ на фоне вышеуказанных фунгицидов показала эффектив-

ность в 55,6 и 43,8 %. Проявление пятнистости на метелках голозерного сорта достигала 1,0 и 1,2 %.

Степень проявления красно-бурой пятнистости овса по вариантам опыта оказала влияние на формирование урожайности овса. Так, при применении двукратной фунгицидной обработки во все годы исследований прибавка урожайности была существенной у обоих изучаемых сортов. В среднем за 3 года обработка посевов овса пленчатого сорта *Фристайл* препаратом Колосаль Про, КМЭ на фоне предшествующего использования фунгицида Абакус, СЭ обеспечила сохранение 4,0 ц/га урожайности, т.е. 8,7 % по отношению к контролю. На фоне предшествующего применения Рекс Дуо этот показатель составил 3,5 ц/га или 7,5 %. В аналогичных вариантах у сорта овса голозерного Королек прибавка урожайности составила 3,4 ц/га (10,3 %) и 3,3 ц/га (10,1 %) соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Эффективность фунгицидов в посевах овса в зависимости от препарата, кратности обработок и назначения продукции

Вариант	Урожайность, ц/га				Сохраненный урожай (прибавка), ц/га
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее	
Фристайл					
Контроль (без фунгицидных обработок)	36,7	44,3	53,6	44,9	-
Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39)	40,1*	46,9*	56,3	47,8	2,9
Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59)	40,9*	48,0*	57,5*	48,8	4,0
Рекс дуо, КЭ 0,6 л/га (ДК 37–39)	38,9	46,8*	56,2	47,3	2,4
Рекс дуо, КЭ 0,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59)	39,8*	47,9*	57,3*	48,3	3,5
НСР ₀₅	2,4	2,0	3,3		
Королек					
Контроль (без фунгицидных обработок)	29,6	30,6	38,1	32,8	-
Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39)	30,7	32,6*	40,4	34,6	1,8
Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59)	32,9*	33,7*	42,1*	36,2	3,4
Рекс дуо, КЭ 0,6 л/га (ДК 37–39)	30,9	33,0*	39,7	34,5	1,7
Рекс дуо, КЭ 0,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ 0,3 л/га (ДК 55–59)	32,9*	33,6*	41,8*	36,1	3,3
НСР ₀₅	2,5	1,8	2,7		

Примечание: * – достоверно по отношению к контролю.

Однократное внесение фунгицида Абакус позволило в сложившихся погодных условиях получить достоверную прибавку урожайности в 2-х годах из

3-х на пленчатом сорте и только в 1-м году из 3-х на голозерном. В то же время применение препарата Рекс Дуо обеспечило получение достоверной прибавки только в 1 год из 3-х на обоих изучаемых сортах.

Рост урожайности от применения фунгицидов у изучаемых сортов овса обеспечивался за счет увеличения числа зерен в метелке и массы 1000 зерен. У сорта *Фристайл* увеличение первого показателя в зависимости от варианта опыта составило 1,2–3,4 шт., второго – 0,8–1,3 г, а у сорта *Королек* – 2,3–3,2 шт. и 0,8–1,4 г соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Структурные показатели продуктивности сортов овса при применении фунгицидов (среднее за 2015-2017 гг.)

Вариант	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Число зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г
Контроль (без фунгицидных обработок)	413,7* 408,1**	53,4 50,1	31,5 24,9
Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37-39)	416,2 410,6	55,7 52,6	32,3 25,9
Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37-39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55-59)	412,3 409,9	56,8 53,3	32,6 25,7
Рекс дуо, КЭ, 0,6 л/га (ДК 37-39)	413,3 407,2	55,2 52,4	32,8 25,9
Рекс дуо, КЭ, 0,6 л/га (ДК 37-39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55-59)	414,7 410,5	56,8 53,0	32,6 26,3

Примечание: * – сорт Фристайл; ** – сорт Королек

Анализ окупаемости применяемых фунгицидов в зерновом эквиваленте показал, что при депрессивном характере проявления красно-бурой пятнистости на посевах овса пленчатого сорта *Фристайл* и голозерного *Королек* при сложившихся ценах на продукцию, сохраненная урожайность компенсирует затраты по большинству вариантов только в семеноводстве при производстве семян элиты (таблица 3).

Использование изучаемых фунгицидов окупалось сохранением урожайности в 1,2–3,7 ц/га по вариантам с применением препарата Колосаль Про на фоне предшествующего внесения Абакуса и Рекс Дуо, а также на фоне однократного применения Рекс Дуо. При производстве семян 1-й репродукции лишь использование Рекс Дуо однократно и применение на его фоне Колосаль Про окупало продукцией проведение фунгицидной защиты посевов.

Выводы

1. Посевы голозерного овса сорта *Королек* в большей степени подвержены поражению листового аппарата красно-бурой пятнистостью листьев в фазу выметывания и цветения, чем посевы пленчатого овса сорта *Фристайл*. Однако к фазе молочной спелости зерна степень развития этой болезни была выше у пленчатого сорта, которая составила 33,3 % по сравнению с 27,4 % у голозерного.

Таблица 3 – Эффективность фунгицидов на посевах овса в зависимости от кратности обработок и назначения продукции

Вариант	Всего затрат, долл. США	Окупаемость затрат в зерновом эквиваленте, ц/га		
		Продовольственное 1 класс	РС-1	Элита
Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39)	78,6	6,6	6,0	3,1
Абакус, СЭ, 1,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59)	94,2	8,0	7,1	3,7
Рекс дуо, КЭ, 0,6 л/га (ДК 37–39)	30,6	2,6	2,3	1,2
Рекс дуо, КЭ, 0,6 л/га (ДК 37–39) + Колосаль Про, КМЭ, 0,3 л/га (ДК 55–59)	46,1	3,9	3,5	1,8

Примечание: Стоимость 1 т зерна овса предназначенного на продовольственные цели I класса 118,2 долл. США; на семена 1-й репродукции (РС-1) – 132,0 долл. США; семена элита – 220,0 долл. США; стоимость однократной обработки 1 га – 4,2 долл. США.

2. В условиях депрессивного развития красно-бурой пятнистости листьев овса однократная обработка посевов в фазу флагового листа фунгицидами Рекс Дуо, КЭ (0,6 л/га) и Абакус СЭ (1,6 л/га) не обеспечивала получение достоверной прибавки урожайности. Существенное увеличение урожайности отмечалось только при двукратной фунгицидной обработке посевов. Сохраненная урожайность пленчатого овса сорта *Фристайл* при применении препарата Колосаль Про, КМЭ (0,3 л/га) на фоне предшествующего внесения фунгицида Абакус, СЭ (1,6 л/га) составила 4,0 ц/га (8,7 % к контролю), а на фоне Рекс Дуо, КЭ (0,6 л/га) – 3,5 ц/га или 7,5 %. Применение этих вариантов защиты посевов от болезней на голозерном сорте Королек позволило получить прибавку урожайности в 3,4 ц/га (10,3 %) и 3,3 ц/га (10,1 %) соответственно.

3. Защиту посевов овса от болезней в условиях депрессивного развития красно-бурой пятнистости листьев целесообразно проводить при производстве семян элиты и семян 1-й репродукции. При этом наиболее эффективно использовать двукратную обработку препаратами с невысокой стоимостью (Рекс Дуо, КЭ (0,6 л/га), ДК 37–39 + Колосаль Про, КМЭ (0,3 л/га), ДК 55–59).

Литература

1. Баталова, Г.А. Овес, технология возделывания и селекция / Г.А. Баталова. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. – 206 с.
2. Буга, С.Ф. Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси: монография / С.Ф. Буга; РУП “Ин-т защиты растений”. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2013. – 240 с.
3. Новые сорта овса и технология их возделывания / С.П. Халецкий, А.Г. Власов, Л.И. Сорока, Л.И. Трепашко, С.Ф. Буга // 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.
4. Пригге, Г. Грибные болезни зерновых культур / Г. Пригге, М. Герхард, И. Хабермаер / под ред. Ю.М. Стройкова. – Лимбургерхоф, 2004. – 183 с.

5. Санин, С.С. Контроль болезней сельскохозяйственных растений – важнейший фактор интенсификации растениеводства / С.С. Санин // Вестник защиты растений. – 2010. – №1. – С. 3–14.

6. Экономическое обоснование применения средств защиты растений: рекомендации / БелНИИЗР; сост. Л.В. Сорочинский, А.П. Будревич, Т.И. Валькевич. – Минск: Диксэнд, 1999. – 12 с.

APPLICATION OF FUNGICIDES TO OATS PLANTS

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

The article presents the results of the research on the efficiency of fungicides application against Helminthosporium leaf blotch of regular and hullless oats under conditions of its depressive manifestation. It's determined that under these conditions it's cost-effective to protect only seed crops.

УДК 633.11«324»:631,41:631.5

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ, ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ И ЕЕ АЗОТНЫЙ РЕЖИМ

С. А. Пынтыков, научный сотрудник, Д.Н. Куцев, аспирант, А.П. Гвоздов, кандидат с.-х. наук, Л.А. Булавин, доктор с.-х. наук
(Поступила 13.02.2020)

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

***Аннотация.** Представлены результаты исследований по изучению влияния элементов технологии возделывания озимой пшеницы на состояние посевов и некоторые свойства почвы. Установлено, что под влиянием изучаемых предшественников перезимовка растений озимой пшеницы снижалась на 1,2–3,1 %, минимализации обработки почвы на 0,6–2,7 %, соломы предшествующей культуры на 3,0–8,2 %. Минимализация обработки повышала влажность почвы на 0,5–1,4% и снижала содержание аммонийного азота на 17,9–27,3 % в зависимости от предшественника и фазы развития растений. При внесении гербицида Алистер Гранд (0,8 л/га) засоренность посевов озимой пшеницы находилась на невысоком уровне независимо от технологии возделывания.*

Введение. В настоящее время в сельскохозяйственных предприятиях Беларуси среди озимых зерновых культур по экономическим причинам предпочтение отдают озимой пшенице. Если в 2000 г. ее посевная площадь составляла в республике 249,1 тыс. га, то в 2019 г. – 550,2 тыс. га, т.е. увеличилась в 2,2 раза.

Известно, что озимая пшеница в сравнении с рожью и тритикале характеризуется повышенной требовательностью к условиям произрастания [3]. В значительной степени это обусловлено более высокой потребностью озимой пшеницы в азоте и меньшей конкурентоспособностью по отношению к сорнякам. Для формирования высокой урожайности зерна озимой пшеницы важное

значение имеет выявление зависимости состояния посевов этой культуры, а также свойств почвы от основных элементов технологии возделывания. Это позволит более эффективно регулировать производственный процесс и окажет положительное влияние на уровень урожайности озимой пшеницы.

Условия и методика проведения исследований. В 2016-2018 гг. в Смоленском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (содержание гумуса – 2,45–2,67 %, P₂O₅ – 303–314 мг/кг, K₂O – 289–301 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,9–6,3) изучали реакцию озимой пшеницы на основные элементы технологии возделывания. В качестве предшественников использовали горох, рапс, овес. Озимую пшеницу возделывали по отвальной, безотвальной, мелкой обработке и с использованием технологии прямого посева в необработанную почву. Предпосевную обработку почвы проводили агрегатом АКШ-3,6, а посев озимой пшеницы с помощью комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата KUNN Fastliner 3000. Технология возделывания озимой пшеницы за исключением изучаемых факторов проводилась в соответствии с отраслевым регламентом [1].

Результаты исследований и их обсуждение. Важным показателем, определяющим уровень продуктивности озимой пшеницы, является перезимовка растений. Установлено, что в сложившихся в осенне-зимний период относительно благоприятных погодных условиях изучаемые предшественники при уборке их соломы с поля существенно не различались по влиянию на перезимовку озимой пшеницы. При ее посеве после гороха полевого этот показатель в среднем за период исследований в зависимости от способа обработки почвы находился в пределах 82,5–86,0%, ярового рапса – 81,3–85,1%, а после овса – 79,8–82,9%, т.е. на 0,9–1,2 и 2,7–3,1% ниже по сравнению с зернобобовым и крестоцветным предшественником (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние предшественников и способов обработки почвы на перезимовку озимой пшеницы сорта *Августина* (среднее за 2016–2018 гг.)

Предшественник	Способ обработки почвы	Перезимовка, %
Овес	Вспашка	79,8(78,3**)/75,0**
	Чизелевание	82,9
	Дискование	80,9
	Прямой посев	79,9
Рапс	Вспашка	82,0
	Чизелевание	85,1
	Дискование	83,0
	Прямой посев	81,3
Горох	Вспашка	83,1
	Чизелевание	86,0
	Дискование	85,1
	Прямой посев	82,5

Примечание: * – в числителе уборка соломы предшествующего овса с поля, в знаменателе – использование соломы на удобрение; ** – средние данные за 2017–2018 гг.

Характер влияния на перезимовку озимой пшеницы изучаемых способов обработки почвы зависел от ее влажности в период проведения этой технологической операции. Так, в 2015 г. основную обработку почвы под озимую пшеницу проводили в условиях острого дефицита влаги. В этом случае при отвальной обработке почвы верхний слой пахотного горизонта до посева оставался рыхлым, и при оседании его в осенний период происходило повреждение корневой системы озимой пшеницы, что приводило к гибели части растений, т.е. к снижению перезимовки. Наименьшей она по всем трем предшественникам была при посеве озимой пшеницы по вспашке – 82,8–86,1%. В вариантах, где вспашку заменяли чизелеванием, дискованием или прямым посевом в необработанную почву отмечалось повышение перезимовки на 8,9–11,1%.

В 2016 г. обработка почвы под озимую пшеницу проводилась в условиях достаточного увлажнения. В этом случае перезимовка была наибольшей по вспашке и составила в зависимости от предшественника 91,2–95,1%. В вариантах, где вспашку заменяли чизелеванием, дискованием или прямым посевом, этот показатель находился в пределах 84,0–94,9% в зависимости от предшественника и снижался на 0,2–7,9 %.

В 2017 г. при проведении обработки почвы под озимую пшеницу также не отмечалось дефицита влаги. В сложившихся условиях наибольшая перезимовка была по вспашке и находилась в пределах 65,3–68,0% в зависимости от предшественника. В вариантах, где отвальную обработку почвы заменяли чизелеванием, дискованием и прямым посевом, этот показатель снижался до 62,6–65,7%, т.е. на 0,6–2,7%.

В среднем за 3 года наибольшее преимущество по перезимовке озимой пшеницы перед вспашкой (2,9–3,1%) имела чизельная обработка почвы. В вариантах с дискованием и прямым посевом эти различия в зависимости от предшественника находились в пределах 1,0–2,0 и 0,1–0,7%, причем прямой посев по этому показателю, как правило, уступал вспашке.

В 2016 г. в схему опыта был дополнительно включен вариант, в котором на фоне вспашки солому предшествующего овса использовали на удобрение. Установлено, что в этом случае перезимовка озимой пшеницы снижалась в среднем за два года на 3,3% по сравнению с уборкой соломы предшественника с поля.

В полевом опыте, где озимую пшеницу сортов *Августина*, *Элегия*, *Мроя* возделывали после рапса, при уборке его соломы с поля перезимовка растений озимой пшеницы в варианте с чизелеванием увеличивалась по сравнению со вспашкой в среднем за три года в зависимости от сорта на 1,8–2,3%, а в варианте с дискованием – на 0,2–0,5%. При этом существенных различий по указанному выше показателю между изучаемыми сортами не наблюдалось (таблица 2).

По влиянию на перезимовку растений озимой пшеницы внесения перед проведением обработки почвы дополнительно азота в дозе N_{30} четкой закономерности в среднем за период исследований не отмечалось. В то же время при использовании соломы рапса на удобрение без дополнительного внесения азота перезимовка озимой пшеницы снижалась в среднем в зависимости от сорта

Таблица 2 – Влияние соломы рапса, дополнительного внесения азота осенью и способов основной обработки почвы на перезимовку различных сортов озимой пшеницы, % (среднее за 2016-2018 гг.)

Способ обработки почвы	Уборка соломы с поля		Использование соломы на удобрение	
	без дополнительного азота	N ₃₀ перед обработкой почвы	без дополнительного азота	N ₃₀ перед обработкой почвы
Сорт Августина				
Вспашка	83,2	84,7	77,5	82,8
Чизелевание	85,4	85,9	79,8	85,1
Дискование	82,9	83,0	76,1	82,0
Сорт Элегия				
Вспашка	83,8	85,8	74,2	84,2
Чизелевание	85,6	86,0	77,2	85,3
Дискование	83,3	82,7	76,0	81,9
Сорт Мроя				
Вспашка	84,2	83,9	73,5	78,3
Чизелевание	86,5	87,6	73,5	80,8
Дискование	84,0	83,6	74,2	79,8

и способа обработки почвы на 5,6–13,0%. Наибольшее уменьшение этого показателя отмечалось у сорта *Мроя*. При дополнительном внесении осенью азота в дозе N₃₀ негативное влияние соломы предшественника на перезимовку озимой пшеницы у сортов *Августина* и *Элегия*, как правило, устранялось, в то время как у сорта *Мроя* снижение этого показателя находилось в пределах 4,2–5,9%.

На рост и развитие растений значительное влияние оказывает наличие влаги в почве. В наших исследованиях было установлено, что при возделывании озимой пшеницы по вспашке влажность почвы в начале активной вегетации растений в среднем за три года находилась в пределах 20,5–20,9 % в зависимости от предшественника (таблица 3).

При замене вспашки чизелеванием этот показатель увеличивался на 0,7–0,9%, дискованием – на 0,5–1,2%, прямым посевом – на 0,6–1,0% в зависимости от предшественника. В фазу выхода в трубку указанные выше различия составили соответственно 0,7–1,0; 0,8–1,4; 0,6–1,0%, в фазу флагового листа 0,7–0,8; 0,7–1,0; 0,9–1,0%, а в фазу колошения – 0,8–1,0; 0,9–1,0; 0,9–1,2%.

Под влиянием соломы предшествующего овса влажность почвы в варианте со вспашкой повышалась в среднем за 2017–2018 гг. на 0,6–0,9% в зависимости от фазы развития озимой пшеницы (таблица 3).

При использовании соломы предшествующего рапса на удобрение также отмечалось увеличение влажности почвы. Под влиянием этого фактора указанный выше показатель увеличивался в среднем за три года в начале активной вегетации озимой пшеницы на 0,8-1,0%, в фазу флагового листа на 0,7%, в фазу колошения на 0,3-0,8% в зависимости от способа обработки почвы (таблица 4).

На продуктивность сельскохозяйственных культур значительное влияние оказывает азотный режим почвы. Разложение азотсодержащего органического

Таблица 3 – Влияние предшественников и способов обработки почвы на ее влажность в слое 0–20 см (среднее за 2016–2018 гг.)

Предшественник	Способ обработки почвы	Влажность почвы, %
1	2	3
Начало активной вегетации		
Овес	Вспашка	20,8(20,8**)/21,7**
	Чизелевание	21,6
	Дискование	21,7
	Прямой посев	21,6
Рапс Яровой	Вспашка	20,9
	Чизелевание	21,6
	Дискование	21,4
	Прямой посев	21,5
Горох	Вспашка	20,5
	Чизелевание	21,4
	Дискование	21,7
	Прямой посев	21,5
Выход в трубку		
Овес	Вспашка	16,9(15,9**)/16,6**
	Чизелевание	17,8
	Дискование	18,3
	Прямой посев	17,9
Рапс Яровой	Вспашка	17,2
	Чизелевание	17,9
	Дискование	17,7
	Прямой посев	17,8
Горох	Вспашка	16,5
	Чизелевание	17,5
	Дискование	17,3
	Прямой посев	17,3
Флаговый лист		
Овес	Вспашка	11,7(11,2**)/12,1**
	Чизелевание	12,4
	Дискование	12,6
	Прямой посев	12,7
Рапс Яровой	Вспашка	12,1
	Чизелевание	12,8
	Дискование	13,1
	Прямой посев	13,1
Горох	Вспашка	12,0
	Чизелевание	12,8
	Дискование	12,7
	Прямой посев	13,0
Колошение		
Овес	Вспашка	5,1(4,8**)/5,4**
	Чизелевание	6,1
	Дискование	6,1
	Прямой посев	6,3

1	2	3
Рапс Яровой	Вспашка	5,4
	Чизелевание	6,2
	Дискование	6,3
	Прямой посев	6,3
Горох	Вспашка	5,4
	Чизелевание	6,4
	Дискование	6,3
	Прямой посев	6,6

Примечание: *– в числителе уборка соломы предшествующего овса с поля, в знаменателе – использование соломы на удобрение; **– средние данные за 2017–2018 гг.

Таблица 4 – Влияние соломы рапса, дополнительного внесения азота осенью и способов основной обработки почвы на ее влажность в посевах озимой пшеницы (среднее в 2016-2018 гг.)

Способ обработки почвы	Уборка соломы с поля		Использование соломы на удобрение	
	без дополнительного азота	N ₃₀ перед обработкой почвы	без дополнительного азота	N ₃₀ перед обработкой почвы
Начало активной вегетации растений				
Вспашка	22,2	22,3	23,2	23,1
Чизелевание	23,2	23,2	24,1	24,2
Дискование	23,5	23,6	24,3	24,4
Фаза флагового листа				
Вспашка	11,8	12,0	12,5	12,5
Чизелевание	12,6	13,4	13,3	13,9
Дискование	12,8	13,5	13,5	13,9
Фаза колошения				
Вспашка	4,0	4,1	4,6	4,6
Чизелевание	4,6	4,6	5,4	5,4
Дискование	5,2	5,2	5,5	5,5

вещества почвы приводит к образованию солей аммония, которые под воздействием нитрифицирующих бактерий окисляются до нитритов и нитратов [2].

Установлено, что в сложившихся в период исследований погодных условиях содержание аммонийного азота в почве изменялось в период вегетации озимой пшеницы. В наибольшей степени эти изменения касались варианта, где озимую пшеницу высевали с использованием технологии прямого посева в необработанную почву. Так, при возделывании этой культуры после овса указанный выше показатель в фазу выхода в трубку по вспашке, чизелеванию и дискованию составил в среднем за три года соответственно 7,60; 7,53; 7,00 мг/кг, а по прямому посеву – 6,07 мг/кг почвы, что ниже по сравнению с традиционной вспашкой на 1,53 мг/кг, т.е. на 20,1% (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние предшественников и способов обработки почвы на содержание в ней аммонийного азота в посевах озимой пшеницы, мг/кг почвы (среднее за 2016-2018 гг.)

Предшественник	Способ обработки почвы	Выход в трубку	Флаговый лист
Овес	Вспашка	7,60	7,91
	Чизелевание	7,53	7,47
	Дискование	7,00	7,22
	Прямой посев	6,07	6,41
Рапс яровой	Вспашка	7,22	8,45
	Чизелевание	6,34	8,23
	Дискование	6,29	8,17
	Прямой посев	5,66	6,94
Горох	Вспашка	7,98	8,06
	Чизелевание	7,78	7,83
	Дискование	7,06	7,74
	Прямой посев	5,80	6,50

При возделывании озимой пшеницы после рапса и гороха указанные выше различия между вспашкой и прямым посевом были равны соответственно 1,56 мг/кг (21,6%) и 2,18 мг/кг (27,3%). В фазу флагового листа озимой пшеницы отмечалась примерно такая же закономерность, и прямой посев уступал вспашке по содержанию аммонийного азота после зернового, крестоцветного и зернобобового предшественников на 1,50; 1,51; 1,56 мг/кг почвы, т.е. на 19,0; 17,9; 19,4%.

Важной биологической особенностью озимой пшеницы является низкая ее конкурентоспособность по отношению к сорнякам. В сложившихся в период исследований погодных условиях при использовании высокоэффективного гербицида Алистер Гранд (0,8 л/га) сорный ценоз в посевах озимой пшеницы характеризовался невысокой численностью и незначительной надземной массой сорняков. В нем преобладали марь белая, горец вьюнковый, пикульник обыкновенный, вероника персидская, звездчатка средняя, просо куриное. В вариантах, где озимую пшеницу возделывали после гороха без применения азота, численность сорняков в зависимости от способа обработки почвы в среднем за три года находилась в пределах 9,3–13,0 шт./м², а их сырая масса 5,7–6,7 г/м². При выращивании этой культуры после рапса указанные выше показатели были равны соответственно 12,0–16,0 шт./м² и 4,1–6,1 г/м², а после овса – 18,3–25,7 шт./м² и 6,6–10,4 г/м², что выше по сравнению с зернобобовым и крестоцветным предшественником. Необходимо отметить, что варианты с чизелеванием, дискованием и прямым посевом, как правило, не превышали вспашку по численности и сырой массе сорняков. При возделывании озимой пшеницы с использованием возрастающих доз азота в большинстве вариантов отмечалась тенденция к снижению засоренности посевов. Это связано с улучшением роста и развития культурных растений под влиянием азота и повышением их конкурентоспособности по отношению к сорнякам (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние предшественников, способов обработки почвы и азотных удобрений на засоренность посевов озимой пшеницы в фазу колошения (среднее за 2016-2018 гг.)

Предшественник	Способ обработки почвы	Засоренность посевов
1	2	3
Фон – N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀		
Овес	Вспашка	25,7/10,4
	Чизелевание	18,7/7,2
	Дискование	18,3/6,8
	Прямой посев	19,7/6,6
Рапс яровой	Вспашка	16,0/6,1
	Чизелевание	13,7/4,6
	Дискование	12,0/4,1
	Прямой посев	14,3/4,9
Горох	Вспашка	11,7/5,9
	Чизелевание	9,3/6,3
	Дискование	11,7/5,7
	Прямой посев	13,0/6,7
Фон + N ₇₀₊₅₀		
Овес	Вспашка	20,7/4,0
	Чизелевание	15,7/5,5
	Дискование	16,7/6,1
	Прямой посев	18,7/5,3
Рапс яровой	Вспашка	12,0/6,0
	Чизелевание	13,0/5,9
	Дискование	11,7/5,5
	Прямой посев	10,3/5,3
Горох	Вспашка	12,7/3,3
	Чизелевание	13,0/5,0
	Дискование	14,0/4,3
	Прямой посев	11,3/4,8
Фон + N ₇₀₊₇₀		
Овес	Вспашка	19,0/8,0
	Чизелевание	17,0/5,2
	Дискование	14,0/4,9
	Прямой посев	15,7/5,1
Горох	Вспашка	12,3/3,5
	Чизелевание	9,3/4,2
	Дискование	11,3/4,0
	Прямой посев	12,0/3,2
Рапс яровой	Вспашка	10,3/3,8
	Чизелевание	10,7/4,0
	Дискование	11,7/3,6
	Прямой посев	11,7/4,2
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀		
Овес	Вспашка	16,3/5,5
	Чизелевание	15,7/5,5
	Дискование	16,0/5,1
	Прямой посев	18,0/4,7

1	2	3
Рапс яровой	Вспашка	10,3/4,1
	Чизелевание	11,0/3,8
	Дискование	9,7/3,3
	Прямой посев	11,0/3,9
Горох	Вспашка	12,0/3,3
	Чизелевание	10,3/4,4
	Дискование	12,0/3,2
	Прямой посев	11,3/2,7

Примечание: в числителе – количество сорняков, шт./м²; в знаменателе – масса сорняков, г/м².

При возделывании сортов озимой пшеницы *Августина*, *Элегия*, *Мроя* в варианте, где солому предшествующего рапса убирали с поля и осенью не применяли дополнительный азот (N₃₀), численность сорняков в фазу колошения этой культуры по вспашке находилась в пределах 7–10 шт./м², а их сырая масса 4,2–4,7 г/м². В вариантах с чизелеванием и дискованием эти показатели были равны 9–12 шт./м² и 4,8–6,4 г/м². Четкой закономерности по влиянию дополнительного внесения осенью азота (N₃₀) на численность и сырую массу сорняков в посевах озимой пшеницы не отмечалось и указанные выше показатели в зависимости от сорта и способа обработки почвы находились в пределах 6–13 шт./м² и 4,1–6,7 г/м². В вариантах, где солому предшествующего рапса использовали на удобрение, численность и сырая масса сорняков в посевах озимой пшеницы в сложившихся условиях так же были не значительными и составили в зависимости от других изучаемых факторов 9–14 шт./м² и 5,0–7,5 г/м². При использовании осенью дополнительного азота (N₃₀) в сочетании с соломой рапса эти показатели были равны 10–14 шт./м² и 5,7–7,2 г/м² (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние способов обработки почвы, использования соломы предшественника, дополнительного внесения азота на засоренность посевов озимой пшеницы в фазу колошения

Способ обработки почвы	Уборка соломы с поля		Использование соломы на удобрение	
	без дополнительного азота	N ₃₀ перед обработкой почвы	без дополнительного азота	N ₃₀ перед обработкой почвы
1	2	3	4	5
Сорт <i>Августина</i>				
Вспашка	<u>7</u>	<u>6</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
	4,2	4,1	5,0	6,1
Чизелевание	<u>9</u>	<u>9</u>	<u>11</u>	<u>12</u>
	4,8	5,0	5,9	6,2
Дискование	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>13</u>
	5,3	5,0	6,5	6,4
Сорт <i>Элегия</i>				
Вспашка	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>11</u>
	4,7	5,2	5,6	5,7

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
Чизелевание	<u>12</u> 5,6	<u>11</u> 6,6	<u>13</u> 7,0	<u>13</u> 6,7
Дискование	<u>12</u> 6,4	<u>13</u> 6,7	<u>14</u> 7,5	<u>14</u> 6,9
Сорт Мроя				
Вспашка	<u>7</u> 4,7	<u>9</u> 4,8	<u>11</u> 6,0	<u>11</u> 5,7
Чизелевание	<u>10</u> 5,5	<u>11</u> 6,5	<u>12</u> 6,5	<u>12</u> 7,6
Дискование	<u>11</u> 6,1	<u>12</u> 6,4	<u>13</u> 6,4	<u>14</u> 7,2

Выводы

1. Перезимовка растений озимой пшеницы, возделываемой после гороха, рапса и овса, солому которых убирали с поля, изменялась под влиянием предшественников. При ее посеве после гороха этот показатель был выше по сравнению с крестоцветным предшественником на 1,2–1,5%, а зерновым на 2,9–3,1% в зависимости от способа обработки почвы. Замена вспашки чизелеванием вызывала снижение перезимовки растений озимой пшеницы на 0,6–0,8%, дискованием на 1,4–1,7%, а прямым посевом 2,2–2,7% в зависимости от предшественника. При возделывании озимой пшеницы по вспашке и использовании соломы предшествующего овса на удобрение перезимовка растений сорта *Августина* снижалась на 3,0%. Под влиянием соломы предшествующего рапса указанный выше показатель у сортов *Августина*, *Элегия*, *Мроя* снижался в зависимости от способа обработки почвы соответственно на 6,0–7,3; 7,7–8,2; 7,7–8,1%.

2. Замена вспашки при возделывании озимой пшеницы чизелеванием, дискованием и прямым посевом в необработанную почву повышала ее влажность в слое 0–20 см на 0,5–1,4%, а солома предшествующих рапса и овса на 0,3–1,0% в зависимости от фазы развития растений.

3. Содержание аммонийного азота в слое почвы 0–20 см в сложившихся условиях в большей степени зависело от способа ее обработки, чем от предшественника. Наименьшим этот показатель был при возделывании озимой пшеницы с использованием технологии прямого посева в необработанную почву, снижаясь по сравнению со вспашкой на 17,9–27,3% в зависимости от предшественника и фазы развития растений.

4. При использовании на посевах озимой пшеницы высокоэффективного гербицида Алистер Гранд, МД (0,8 л/га) сорный ценоз характеризовался невысокой численностью и незначительной надземной массой. Наибольшая засоренность посевов озимой пшеницы отмечалась при ее возделывании после овса. Численность сорняков при этом составила в зависимости от способа обработки почвы 10–18 шт./м², а сырая масса 1,2–2,1 г/м², в то время как при возделывании после гороха – 6–10 шт./м² и 0,9–1,2 г/м². Способы обработки почвы, солома предшествующих овса и рапса, а также азотные удобрения изменяли в

сложившихся условиях эти показатели в меньшей степени по сравнению с предшественниками.

Литература

1. Возделывание озимой пшеницы. Отраслевой регламент. / Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов // Нац. акад. наук Беларуси, НИЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 45-63.
2. Пансю, М. Анализ почвы. Справочник. Минералогические, органические и неорганические методы анализа / М. Пансю, Ж. Готеру // СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. – С. 800.
3. Шпаар, Д. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование) / Д. Шпаар [и др.] // под общ. ред Д. Шпаара. – М.: ИД ООО DLV Агрodelo, 2008. – С. 656.

INFLUENCE OF WINTER WHEAT CULTIVATION TECHNOLOGIES ON CROPS WEEDINESS, SOIL MOISTURE AND ITS NITROGEN STATUS

S.A. Pyntikov, D.N. Kuntsev, A.P. Gvozдов, L.A. Bulavin

Research results on the effect of elements of winter wheat cultivation technology on the state of crops and some soil properties are presented. It's established that under the influence of preceding crops overwintering of winter wheat is reduced by 1,2-3,1%, minimization of soil cultivation – by 0,6-2,7%, preceding crop straw – by 3,0-8,2%. Minimization of soil cultivation increases soil moisture by 0,5-1,4% and reduces ammonium nitrogen content by 17,9-27,3% depending on a preceding crop and plant development stage. With Alister Grande application (0,8 l/ha) the level of weediness of winter wheat crops is not high regardless of cultivation technology

УДК 631.633:631.81.095

РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Е.В. Черехуина, соискатель

РУП «Институт льна»

(Поступила 03.04.2020)

Рецензент: Будевич Г.В., канд. биол. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований о влиянии различных средств интенсификации на рентабельность возделывания льна-долгунца. В среднем за 2011–2013 гг. стабильный эффект по отношению к контролю обеспечили препараты: протравитель Кинто Дуо с полимером Гисинар М, регуляторы роста Гидрогумин и Экосил форте, микроэлементы Адоб Zn и Адоб В, фунгицид Амистар экстра, инсектицид Каратэ Зеон, гербицид Секатор турбо, при применении которых рентабельность находилась в пределах 37,7 % и 36,4 %, в то время как в контроле этот показатель составил 24,2 %.

Введение. Биологическая эффективность и стоимость средств интенсификации являются основными критериями при выборе тех или иных приемов при возделывании полевых культур и льна-долгунца в том числе. Рациональное использование того или иного приема, а также их совместное применение возможно только лишь при дифференцированном подходе к их применению, особенно в условиях диспаритета цен на средства химизации и продукцию растениеводства вообще и льноводства в частности [1, 2]. Принципиальным отличием современных технологий возделывания полевых культур является ориентация на улучшение качества и количества основной продукции при ее более низкой себестоимости вследствие повышения использования почвенных ресурсов и применения средств интенсификации с учетом погодных условий и биологических особенностей роста и развития растений льна-долгунца.

Методика и условия проведения исследований. Исследования были проведены в 2011–2013 гг. на опытном поле РУП «Институт льна». В качестве объекта исследований использовался позднеспелый сорт *Василек* селекции института льна, отличающийся высокорослостью, высокой продуктивностью и качеством волокна и льносемян. Схема опыта представлена нами раньше [3], а также в таблице 1. Агротехника – общепринятая для возделывания льна-долгунца в Республике Беларусь [4], за исключением применения приемов, изучаемых в опыте. Характеристика погодных условий и почвы в годы исследований также опубликованы ранее [5].

Результаты исследований и их обсуждение. В условиях интенсивного применения средств интенсификации существенное значение имеет защита растений от болезней как одного из основных факторов снижения количества и качества растительного сырья для производства той или иной продукции и лен не является исключением, так как поражение болезнями, особенно такими как фузариоз, антракноз, «пасмо» и некоторыми другими, может существенно снизить качество волокна, а, следовательно, и получение денежных средств в дальнейшем. В последние годы в республике существенно изменилась фитопатологическая ситуация в посевах льна-долгунца. Поскольку фитосанитарное состояние посевов – это сложная, динамическая структура, зависящая от многих факторов, необходимо не только обрабатывать семена перед посевом, но и применять ряд приемов по сохранению посевов в процессе вегетации. Как показывают наши исследования, к стадии ранней желтой спелости, т.е. к началу уборки льна-долгунца на волокно, можно выделить наиболее результативные сочетания применяемых препаратов для его возделывания. В частности, это вариант 8 со следующим комплексом используемых препаратов: инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто-Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ Зеон (150 мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га) + Адоб Zn (1,2 л/га) + Адоб В (0,4 л/га) + Амистар экстра (0,5 л/га) + Экосил форте (100 мл/га) на фоне АФК (N₁₇P₆₀K₉₀) – основное внесение + N₅ подкормка. Если в начале вегетации, т.е. в фазе «елочка», этот вариант опыта по распространности и развитию болезней имеет четко выраженную тенденцию к увеличению этих показателей по сравнению с вариантом 7, то к уборке развитие болезней в этом варианте имеет тенденцию к уменьшению по сравнению с

вариантом 7: инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ-Зеон (150 мл/га) + Секатор-турбо (0,1 л/га) + Адоб Zn (1,2 л/га) + Адоб- В (0,4 л/га) + Амистар экстра (0,5 л/га) на фоне АФК (N₁₇P₆₀K₉₀) – основное внесение + N₅ подкормка на 0,7 % и в 1,6 раза по сравнению с контролем (рисунок 1).

Наиболее положительным фактором использования данного варианта в дальнейшем является стабильность рентабельности применения данного сочетания как в более благоприятный год, так и в более засушливый год, как 2013 г., обеспечивая ежегодно номер волокна 12,8, что выше по сравнению с контролем и другими вариантами (кроме 7) на 0,5–1,8 или 3,9–14,1 %.

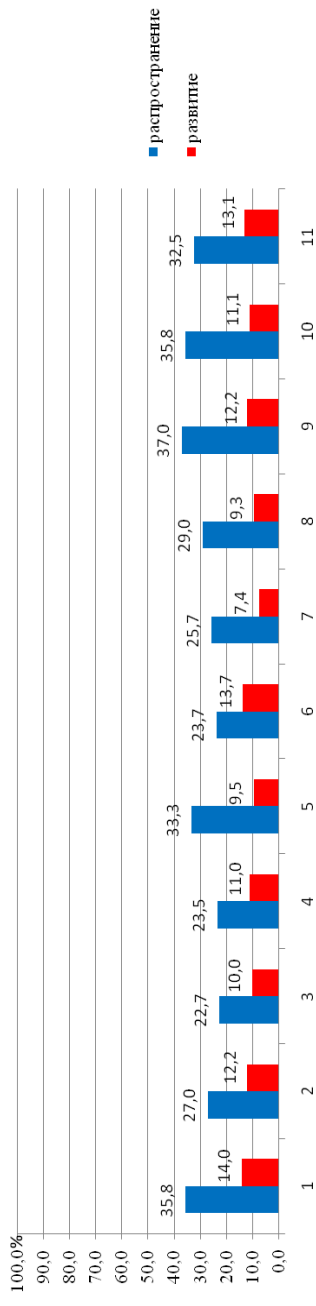
Применение средств защиты ежегодно существенно повышало рентабельность по сравнению с контрольным вариантом, в котором средства интенсификации не применяли. Так, в наименее благоприятном году рентабельность изучаемых сочетаний находилась в пределах от 26,3 % до 35,4 % при величине в контрольном варианте 17,1 %, в наиболее благоприятном 2012 г. – от 43,7 % до 51,0 % при рентабельности 37,1 % в контрольном варианте (таблица 1). В среднем за 2011–2013 гг. производственные затраты по сравнению с контролем возросли на 5,3–14,8 %, а чистый доход на 54,0–75,9 % по сравнению с прибылью в контрольном варианте (таблица 2). Прибыль (чистый доход) при обработке средствами интенсификации возрастает по сравнению с контролем в 1,5–1,8 раза, что указывает на целесообразность применения средств интенсификации при возделывании льна-долгунца.

Рентабельность применения агротехнических приемов по годам исследований превышала значения контрольного варианта. В 2011 г. она составила 26,3–35,4 %, превысив контроль на 9,2–18,3 %. В 2012 г. рентабельность была высокой и варьировала в пределах 43,7–51,0 %, что выше контроля на 6,6–13,9 %. В 2013 г. этот показатель был в пределах 29,8–33,0 %, что выше контрольного значения на 9,9–13,1 %. В 2012 г. рентабельность была максимальной по сравнению с 2011 г. и 2013 г. и варьировала в пределах от 37,1 % в контрольном варианте до 51,0 % в варианте 10, что связано с высокой урожайностью и качеством льнопродукции (таблица 1).

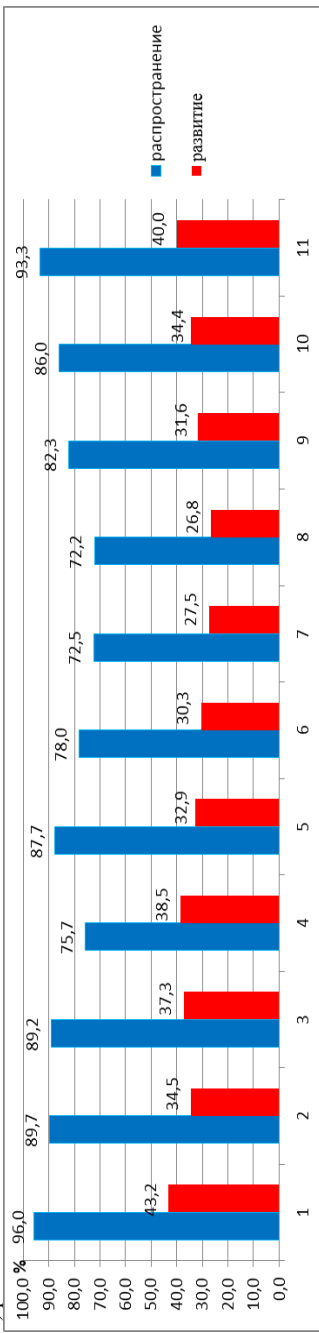
Разработка технологии возделывания льна-долгунца предполагает применение различных агротехнических приемов, способствующих повышению экономической эффективности. Поэтому все препараты, применяемые в технологии возделывания, проходят тщательную проверку по их совместимости в баковых смесях. Конечная цель технологии возделывания льна-долгунца – повышение урожайности и получение высококачественного льноволокна. Поскольку одной предпосевной обработки семян недостаточно для защиты посевов от патогенов и получения высоких урожаев, то необходимо проводить дополнительные обработки посевов по вегетации различными препаратами.

Следует отметить, что при использовании ряда препаратов, таких как гербициды, инсектициды, фунгициды, регуляторы роста, микроудобрения также необходимо оценивать экономическую целесообразность их применения.

а) фаза «елочка»



б) ранняя желтая спелость



Расшифровка вариантов дана в таблице 1

Рисунок 1 – Распространенность и развитие болезней на льне-долгунце в зависимости от комплекса применяемых препаратов (среднее за 2011–2013 гг.)

Таблица 1 – Рентабельность применения средств интенсификации в посевах льна-долгунца, %

Вариант	Год исследований		
	2011	2012	2013
1. Простые удобрения N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀ – основное внесение + N ₅ подкормка, пропавливание: Витавакс, 200ФФ (2,0 л/т) + обработка по вегетации: Делце Профи (0,03 кг/га) + Агритокс (1,0 л/га) + Феразим (1,0 л/га) – контроль	17,1	37,1	19,9
2. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каллисто (300 мл/га)	28,6	48,1	29,8
3. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Секатор турбо (0,1 л/га)	26,3	48,3	30,2
4. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ-Зеон (150 мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га)	28,1	43,7	31,2
5. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ Зеон (150 мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га) + Хелком В (1,0 л/га)	30,0	44,7	32,4
6. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ-Зеон (150 мл/га) + Антихлороз (2,5 л/га) + Секатор турбо (0,1 л/га)	29,4	45,6	32,8
7. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ Зеон (150 мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га) + Адоб Zn (1,2 л/га) + Адоб В (0,4 л/га) + Амистар экстра (0,5 л/га)	31,8	49,3	32,6
8. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ Зеон (150 мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га) + Адоб Zn (1,2 л/га) + Адоб В (0,4 л/га) + Амистар экстра (0,5 л/га) + Экосил форте (100 мл/га)	32,3	44,6	32,8
9. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ Зеон (150 мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га) + Адоб Zn (1,2 л/га); Адоб В (0,4 л/га) + Амистар экстра (0,5 л/га) + Экосил форте (100 мл/га) + ЖКСУ (4,0 л/га)	31,4	47,6	33,0
10. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ Зеон (150 мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га) + Адоб Zn (1,2 л/га); Адоб В (0,4 л/га) + Амистар экстра (0,5 л/га) + Экосил форте (100 мл/га) + Серон (1,0 л/га)	32,8	51,0	31,8
11. АФК (N ₁₇ P ₆₀ K ₉₀) – основное внесение + N ₅ подкормка, инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ Зеон (150 мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га) + Адоб Zn (1,2 л/га); Адоб В (0,4 л/га) + Амистар экстра (0,5 л/га) + Экосил форте (100 мл/га) + Серон (1,0 л/га) + Реглон супер (1,0 л/га)	35,4	44,4	32,3

Экономическая эффективность рассчитывалась с учетом урожайности льносемян, льнотресты и ее качества, а также стоимости применяемых препаратов. Установлено, что в контрольном варианте стоимость полученной продукции составила 2076,46 рублей с гектара посева, производственные затраты – 1671,60 руб./га, чистый доход – 404,86 руб./га, рентабельность – 24,2 % (таблица 2). Применение препаратов способствовало повышению урожайности, а, следовательно, повышалась стоимость полученной продукции с гектара посева, чистый доход, рентабельность. В зависимости от варианта опыта стоимость полученной продукции варьировала в пределах 2384,31–2618,24 руб./га, чистый доход – 615,59–712,10 руб./га, рентабельность – 34,3–37,9 %, что выше контрольного варианта на 307,85–541,78 руб./га, 210,73–307,24 руб./га, 10,1–13,7 % соответственно.

Максимальная рентабельность в среднем за 2011–2013 гг. получена в варианте 10 и составила 37,9 %, превысив контроль на 13,7 %. Максимальный чистый доход получен в варианте 7 и составил 712,10 руб./га (таблица 2).

Выводы

1. Применение средств интенсификации в изученных нами сочетаниях снижало к уборке в стадии ранней желтой спелости распространенность болезней на 23,8 %, а их развитие на 16,4 %, что позволило повысить урожайность льнотресты и качество льноволокна. Вследствие этого, несмотря на увеличение затрат, средняя рентабельность (2011-2013 гг.) была выше по сравнению с контролем на 10,1–13,7 % в зависимости от варианта, а прибыль – в 1,5 – 1,8 раза в зависимости от комплекса применяемых средств интенсификации.

Таблица 2 – Экономическая эффективность применения средств интенсификации в посевах льна-долгунца (среднее за 2011–2013 гг.)

Вариант	Стоимость полученной продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
1	2076,46	1671,60	404,86	24,2
2	2384,31	1760,92	623,39	35,4
3	2478,16	1839,65	638,51	34,7
4	2412,10	1796,51	615,59	34,3
5	2447,51	1803,86	643,65	35,7
6	2452,29	1804,20	648,09	35,9
7	2602,59	1890,49	712,10	37,7
8	2618,24	1919,16	699,08	36,4
9	2584,88	1885,02	699,86	37,1
10	2484,53	1801,87	682,66	37,9
11	2448,80	1788,18	660,62	36,9

Расшифровка вариантов дана в таблице 1

2. Наиболее стабильный эффект в зависимости от условий вегетационного периода обеспечивал вариант 8, который представляет собой следующий комплекс препаратов: инкрустирование: Гисинар М (350 мл/т) + Кинто-Дуо (2,0 л/т) + Гидрогумин (200 мл/т) + обработка по вегетации: Каратэ-Зеон (150

мл/га) + Секатор турбо (0,1 л/га) + Адоб Zn (1,2 л/га) + Адоб В (0,4 л/га) + Амистар экстра (0,5 л/га) + Экосил форте (100 мл/га) на фоне АФК (N₁₇P₆₀K₉₀) – основное внесение + N₅ подкормка.

Литература

1. Усенко, В.И. Эффективность азотных удобрений и гербицидов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки каштановой почвы в Кулундинской степи / В.И. Усенко [и др.] // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 33–39.
2. Голуб, И.А. Эффективность использования приемов интенсификации при возделывании льна-долгунца / И.А. Голуб, Е.В. Черехуина // Земледелие и защита растений. 2019. – № 4. – С. 3–8.
3. Казакевич, П.П. Совершенствование технологий производства и переработки льна-долгунца и льна масличного / П.П. Казакевич [и др.]. – Минск: Бел. навука, 2016. – 154 с.
4. Отраслевой регламент. Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: РУП «Институт льна», 2019. – 15 с.
5. Черехуина, Е.В. Эффективность применения средств интенсификации в период вегетации льна-долгунца / Е.В. Черехуина // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 6. – С. 52–55.

PROFITABILITY OF APPLICATION OF INTENSIFICATION MEANS IN CULTIVATING FIBRE FLAX

E.V. Chereukhina

The article presents the results of the research on the impact of various intensification means on the profitability of fibre flax cultivation. On average, over 2011 – 2013 a stable effect in relation to the standard was provided by the following preparations: Kinto Duo with polymer Gisinar M, growth regulators Hydrogumin and Ekosil forte, microelements Adob-Zn and Adob-B, fungicide Amistar extra, insecticide Karate-Zeon and herbicide Secator-turbo. With the use of those preparations the profitability was between 37.7% and 36.4%, while in the standard that indicator was 24.2%.

УДК 633.853.494:631.559:581.1.036

ПЕРЕЗИМОВКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОГО РАПСА В БЕЛАРУСИ И ПУТИ ИХ ПОВЫШЕНИЯ

Я.Э. Пилюк, канд.с.х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 09.06.2020)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлен анализ перезимовки озимого рапса в Беларуси и многолетние исследования по зависимости урожайности озимого рапса от нее. Показаны направления и результаты селекции по созданию отечественных зимостойких сортов озимого рапса и технологические пути повышения перезимовки культуры. Установлено, что создание отечественных зимостойких сортов озимого рапса, приспособленных к почвенно-

климатическим условиям республики, и строгое соблюдение технологических регламентов возделывания этой культуры позволили повысить зимостойкость, стабильность валовых сборов и продуктивность этой культуры.

Введение. За 1986–2019 гг. рапс из новой, промежуточной, малоизученной культуры стал основной масличной (99 %) и важнейшей белковой культурой Республики Беларусь. Потребовалось 20 лет интенсивных исследований по созданию зимостойких сортов и разработке технологий возделывания этой культуры, чтобы посевные площади озимого рапса в республике достигли 100 тыс. га и более. За последние годы валовые сборы маслосемян рапса в сравнении с 2006 г. увеличились в 5,3 раза, с 114,9 тыс. т до 612 тыс. т в 2019 г., при росте урожайности на 7,2 ц/га. Сбор маслосемян рапса за 2017–2019 гг. составил в среднем 501,9 тыс. т при средней урожайности 16,1 ц/га (+50,5 % к 2006 г.).

В структуре посевов и валовых сборов рапса в Беларуси за 2007–2019 гг. озимый рапс составляет 85–90 %. В ближайшие годы в республике планируется получать и перерабатывать не менее 800 тыс. т маслосемян рапса. Под урожай 2020 г. в Республике Беларусь озимый рапс высеян на зерно на площади 360,6 тыс. га.

Климатические условия Беларуси являются определяющими или даже «критическими» по мере распространения посевов озимого рапса с запада на восток. За 33 года исследований установлено, что озимый рапс зимует хорошо и удовлетворительно в условиях республики, из них:

1. Благоприятные (нивелирующие) годы по перезимовке – 1987, 1989–1992, 1997, 1998, 2001, 2002, 2004, 2005, 2007–2009, 2012–2014, 2017, 2019 гг.;
2. Менее благоприятные годы перезимовки – 1988, 1993, 2000, 2018 гг.;
3. Неблагоприятные (дифференцирующие) по перезимовке годы – 1995, 1996, 1999, 2006, 2010, 2011, 2015 гг.;
4. Экстремальные – 1994, 2003 годы (гибель 80% и более озимого рапса).

В таблице 1 представлена перезимовка посевов озимого рапса в Беларуси в период с 2006 г. по 2019 г., посевы которого в этот период составляли от 200 до 300 тыс. га и более.

Перезимовка является определяющим фактором урожайности рапса в Беларуси ($R^2=0,75$). Понятие «зимостойкость» или перезимовка включает способность зимующих растений переносить низкие отрицательные температуры, зимние оттепели и весеннее оттаивание с резким переходом к морозам, а также весеннюю физиологическую засуху в неоттаявшей или холодной почве [7]. Один из основоположников учения о зимостойкости растений Н. А. Максимов [1] основной причиной вымерзания озимых считал коагуляцию коллоидных веществ протоплазмы вследствие замерзания воды в межклеточниках, в результате чего происходит необратимая коагуляция коллоидов протопласта и отмирание тканей.

И. И.Тумановым [2] установлено, что высокая морозостойкость растений формируется при прохождении ими трех этапов: сначала при вхождении в период покоя, затем при закаливании низкими положительными температурами и

Таблица 1 – Перезимовка озимого рапса в Беларуси (среднее за 2006-2019 гг.), %

Год	Область						Итого
	Брест-ская	Витеб-ская	Гомель-ская	Грод-ненская	Минская	Моги-левская	
2006	70,7	21,4	47,7	72,8	42,0	36,4	52,4
2007	97,3	87,3	90,9	94,8	92,1	88,1	92,2
2008	96,9	96,7	80,5	97,3	89,5	78,4	89,3
2009	95,7	85,7	80,5	96,0	84,3	87,3	88,2
2010	77,5	57,7	60,9	69,9	43,3	93,7	65,9
2011	90,4	22,1	45,9	69,8	56,1	53,4	55,6
2012	98,3	93,9	91,0	99,9	98,8	94,5	95,9
2013	97,8	76,6	79,9	98,5	95,1	88,2	89,2
2014	96,0	59,2	72,6	98,4	90,8	92,6	84,9
2015	76,7	37,5	6,4	90,1	35,1	10,4	42,7
2016	68,8	32,8	24,8	63,1	69,5	23,0	47,0
2017	93,7	86,7	41,0	97,7	94,7	86,0	83,3
2018	95,0	70,1	66,5	96,2	84,0	86,7	83,1
2019	92,5	90,3	66,6	99,4	95,6	94,4	89,8
Среднее	89,1	65,6	61,1	88,9	76,5	72,4	75,7

медленного и постепенного нарастания морозов. При этом каждый из этапов одновременно является подготовительным для прохождения последующего.

Для морозостойкости растений важное значение имеет скорость снижения температуры при замерзании и повышение ее при оттаивании. Ускорение перепада температур в ту или иную сторону приводит к необратимым процессам в клетках и быстрой гибели растений [11]. В сложных почвенно-климатических условиях растения озимого рапса гибнут или повреждаются от низких температур, вымокания, ледяной корки, от выпирания при замерзании верхних слоев почвы после оттепелей и при выпревании под толстым слоем снега, выпавшего на незамерзшую землю и др.

В условиях Беларуси основным фактором гибели и повреждения посевов озимого рапса в неблагоприятные годы является отсутствие снежного покрова при продолжительном и критическом уровне отрицательных температур: в начале перезимовки $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более или в конце перезимовки $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более. Во все годы исследований (кроме 2019/2020 гг.) в зимние месяцы температура воздуха достигала $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более, и без снежного покрова в этот период озимый рапс погибал в отдельные годы на значительных площадях. Например, в 2010 г. из-за отсутствия снега в северо-западных районах в период наступления сильных морозов в декабре и в центральных и юго-восточных районах после его схода в начале марта погибло свыше 125 тыс. га этой культуры.

В годы с неблагоприятными условиями зимовки урожай озимого рапса снижается не только в результате сокращения уборочных площадей, но и за счет уменьшения урожайности сохранившихся посевов, вследствие их изреженности и последствий неминуемых повреждений растений.

Методика проведения исследований. Исследования проводили в 1987–2019 гг. в отделе масличных культур на опытных полях, а также в фитотронно-тепличном и селекционном комплексах РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почвы, на которых закладывались полевые опыты – типичные для супесчаных и легкосуглинистых почв республики. Содержание гумуса в пахотном слое (20–24 см) – 1,96–2,4 %, pH_{KCl} – 5,8–6,4, гидролитическая кислотность 2,2–3,1 мг-экв., сумма поглощенных оснований – 2,5–3,7 мг-экв. на 100 г почвы. Содержание подвижных питательных веществ: P_2O_5 – 206–240 и K_2O – 186–220 мг на 1 кг почвы.

Исходным материалом и объектом исследований служили сорта, селекционные и коллекционные сортообразцы озимого рапса.

Полевые опыты выполнены в соответствии с общепринятыми методиками: «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [1985], «Методика полевого опыта» [1985], «Методические рекомендации по оценке состояния посевов рапса после перезимовки и заморозков» [4]. Для оценки морозостойкости селекционного материала, озимого рапса использовали морозильную камеру – ламинар «Остров».

Статистическую обработку полученных результатов проводили по общепринятым методикам (Доспехов, 1985) с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Многолетние опыты Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию по изучению влияния биологического потенциала сортов и элементов технологии возделывания на перезимовку и морозостойкость рапса в республике показали, что создание отечественных зимостойких сортов озимого рапса, приспособленных к почвенно-климатическим условиям республики, и строгое соблюдение технологических регламентов возделывания этой культуры позволили повысить зимостойкость, стабильность валовых сборов и продуктивность этой культуры. По данным многолетних исследований в отделе масличных культур Научно-практического центра по земледелию (1993–2005 гг.) урожайность маслосемян двунулевых сортов озимого рапса находилась в тесной зависимости (коэффициент регрессии = 0,87%) от перезимовки посевов озимого рапса (рисунок 1) [3]. При посеве озимого рапса в последующие годы (2006–2019 гг.) перезимовка культуры значительно повысилась, но зависимость урожайности озимого рапса от перезимовки по-прежнему оставалась высокой (коэффициент корреляции $r=0,68$, рисунок 2).

Так, если за первые годы исследований по перезимовке рапса было установлено, что он зимовал в 6–8 лет из 10, то в настоящее время, когда создана система сортов этой культуры и постоянно совершенствуются технологические приемы его возделывания, средняя перезимовка сортов и сортообразцов озимого рапса возросла по данным 857 сорто-опытов в конкурсном сортоиспытании РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» с 55,2 (в 1993–2005 гг.) до 81,8 % (в 2006–2019 гг.) или повысилась на 26,6 % (в абсолютном выражении) и на 48,2 % (в относительном) (таблица 2).

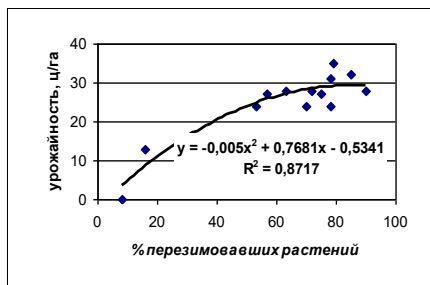


Рисунок 1 – Зависимость урожайности озимого рапса от перезимовки (среднее за 1993-2005 гг.)

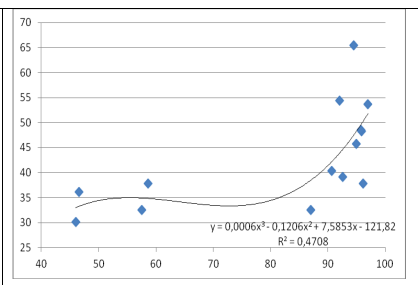


Рисунок 2 – Зависимость урожайности озимого рапса от перезимовки (среднее за 2006-2019 гг.)

Таблица 2 – Перезимовка и урожайность семян озимого рапса

Год исследований	Перезимовка, %			Урожайность семян, ц/га		
	средняя	min	max	средняя	min	max
1993-2005	55,2	40,4	71,8	24,4	19,1	30,7
2006-2019	81,8	61,8	100	43,0	31,5	53,6

Вопрос перезимовки селекционного материала, а затем и сортов озимого рапса, был всегда главным в исследованиях по созданию зимостойких, продуктивных, высококачественных сортов этой культуры. Отбор селекционного материала проводился на провокационных фонах (на гребнях, при сгребании снега, при поздних сроках сева, путем промораживания в морозильной камере и др.) и во всех питомниках в годы исследований, а также с использованием биохимических маркеров. Так, в опытах по оценке морозостойкости сортов и сортообразцов озимого рапса из коллекции ВИР путем сгребания снега при температуре воздуха -30°C установлено, что даже в таких жестких условиях практически не было полной гибели сортов озимого рапса при хорошей закалке и развитии растений [6]. В экстремальных для перезимовки озимого рапса 1994 г. и 2003 г. сохранилось к уборке менее 30 % посевов этой культуры в основном в западных областях. В условиях проведения опытов сохранились лишь единичные растения, все живые растения пересаживались, сохранялись и являлись, как показали учеты и наблюдения, основой создания коллекции и родословных зимостойких отечественных сортов этой культуры (*Лидер, Зорный, Прогресс, Капитал, Арсенал, Прометей, Империял, Оникс* и др.).

Рациональное использование пластических веществ в зимний период положительно влияет на выживаемость растений озимого рапса и защищает от «губительного» действия частых для условий Беларуси весенних заморозков. Установлено, что хорошо развитые, прошедшие закалку растения, тратят под снегом значительно меньше сахаров, чем менее развитые и слабозакаленные. По нашим данным, содержание сахаров в растениях рапса оптимальных сроков сева составляло 18,5–26,0 %, а при поздних сроках – 8,0–11,5 % и зависело от генотипа.

Аналогичные данные получены и по расходу сухого вещества у сортов и гибридов озимого рапса отечественной и зарубежной селекции. Оценка сортов озимого рапса по содержанию и расходу сухого вещества за период перезимовки показала, что отечественные сорта этой культуры в среднем за 3 месяца зимы израсходовали 14,2 % сухого вещества, а иностранные – 41,4 % или в 2,9 раз больше, что практически «на грани» перезимовки культуры даже в благоприятный 2008 г. (таблица 3).

В неблагоприятные годы лучше зимуют зимостойкие, накапливающие больше пластических веществ и меньше расходуемые их за продолжительную зиму сорта (*Зорный, Маяк, Арсенал*). Многолетний анализ перезимовки сортообразцов, районированных и перспективных сортов озимого рапса в Беларуси и исходного селекционного материала РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» показал, что в почвенно-климатических условиях республики отечественные сорта обладают высоким потенциалом зимостойкости и продуктивности. Хорошие результаты показали и некоторые зарубежные сорта озимого рапса, внесенные в реестр сортов Беларуси.

Морозостойкость – полигенный признак, и именно поэтому малоперспективно уделять основное внимание отдельным генотипам в F₂. Отбор на это свойство проводится в основном в F₅₋₈ с использованием морозильной камеры, а также во всех питомниках во все годы (экстремальные и неблагоприятные) (рисунок 3-4).

Таблица 3 – Расход сухого вещества отечественными и зарубежными сортами озимого рапса в период перезимовки 2007/2008 гг.

Сорт, гибрид	Содержание сухого вещества, %		Расход сухого вещества за зимний период, %	
	начало декабря 2007 г.	начало марта 2008 г.		
Отечественные сорта				
Арсенал	17,4	15,5	1,9	10,9
Зорный	18,7	18,0	0,7	3,7
Козерог	16,9	12,7	4,2	24,8
Лидер	17,3	12,6	4,7	27,1
Маяк	17,9	16,5	1,4	7,8
Днепр F1	17,5	15,5	2,0	11,4
Славный	17,2	14,8	2,4	13,9
среднее	17,7	15,1	2,5	14,2
Зарубежные сорта				
Аляска (Германия)	19,0	10,0	9,0	47,3
Балдур (Германия)	18,3	10,7	7,6	41,5
Элвис (Франция)	16,2	8,3	7,9	48,8
Светлана (Украина)	20,7	11,8	8,9	42,9
Северянка (Россия)	19,0	13,8	5,2	27,4
Среднее	18,6	10,9	7,7	41,4



Рисунок 3 – Изучение перезимовки озимого рапса на провокационных фонах (сгребание снега, гребни)

Рисунок 4 – Промораживание образцов озимого рапса с использованием морозильной камеры «Ostrov»

Генетика зимостойкости рапса изучена слабо. Свойство зимостойкости проявляет себя в зависимости от сортов, привлекаемых в скрещивания, то промежуточно, то рецессивно и даже доминантно. Доминирование свойства зимостойкости у растений зависит не только от родительских форм, но и от условий перезимовки и условий развития растений в осенний период [9].

В трансгрессивной селекции наряду с полевыми и физиологическими методами оценки на морозо- и зимоустойчивость целесообразно использовать биохимические маркеры (электрофорез, ПЦР-анализ). Анализ селекционного материала озимого рапса по составу растворимых белков показал, что сорта и сортообразцы рапса отличаются по составу праймеров [8].

Проведение селекции культуры на морозо-, зимостойкость на «периферии ареала» озимого рапса, а условия РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» уникальны для этих целей, позволило выделить исходный материал по этому свойству и создать 21 сорт и 1 гибрид этой культуры, в том числе за последнее десятилетие: зимостойкие сорта озимого рапса типа «00»: *Прометей* (2012 г.), *Август*, *Александр*, *Империял* (2013 г.), *Витовт* (2014 г.), *Зенит*, *Оникс* (2016 г.); *Золотой* (2018 г.), *Северин* (2019 г.), *Буян* (2020 г.) и гибрид F₁ – *Днепр* (2011 г.), которые внесены в реестр новых сортов Республики Беларусь, 5 перспективных сортов проходят испытание.

Многолетнее изучение коллекционного материала озимого рапса различного эколого-географического происхождения в условиях Беларуси на провокационных фонах и в дифференцирующие годы позволили выделить лучшие источники и доноры хозяйственно-ценных признаков и свойств: по морозо- и зимостойкости: *Зорны*, *Прогресс*, *Лидер*, *Арсенал*, *Золотой*, *Зенит*, *Оникс* (Беларусь), *Тисменицкий*, *Светлана*, *Иванна* (Украина), *Milena*, *Alaska*, *Lirora*, *NPZ 9800*, *Mercedes*, *Мемфис*, *ВРХ 416*, *ВРХ 437*, *Atlanta* (Германия), *Star*, *Polo*, *PN-92/03*, *PN-2,5*, *Монолит* (Польша), *Sl-506*, *Ладога* (Чехия), *Северянка* и *Метеор* (Россия), *Binera* (Норвегия), *Казино*, *WW-988* (Швеция), *Arctic* (Канада), *Felix*, *Cannon*, *Olsen* (Дания), *Saxon* (Донор DNK), *Quantum* (Канада) и др.; сочетающие хорошую зимостойкость с высоким уровнем продуктивности: *Прогресс*, *Империял*, *Мартын*, *Арсенал*, *Витовт*, *Зенит*, *Оникс*, *Золотой*, *Северин*,

Буян (Беларусь), Светлана, Иванна (Украина), Rohan, Компасс, Triangle, Трабант, СВХ-135D, Мерано, НК Спид, Нельсон, Нетак (Германия), Шамплен, CSZH-4022, НК Техник (Франция), Colifornium, ДК Эстрон, Экзакт (Швейцария), Ладога (Чехия), Монолит (Польша), Лорис, Сармат (Россия).

Статистический анализ результатов исследований по перезимовке и урожайности маслосемян сортов и сортообразцов озимого рапса показал, что эти свойства находятся в сильной положительной корреляционной связи и зависят от условий года и генотипа.

Изучение факторов, усиливающих или смягчающих влияние низких температур на перезимовку растений озимого рапса в Беларуси, позволили прийти к выводу, что решающим из них является оптимальный срок сева культуры [3], который в связи с потеплением климата и созданием зимостойких скороспелых сортов и гибридов этой культуры наступает в первой декаде августа для всех регионов. Именно срок сева определяет фазу органогенеза растений рапса перед уходом в зиму, и, как следствие, оптимальное накопление пластических веществ, что способствует его перезимовке. В таблице 4 представлено содержание сахаров в надземной массе и корнях озимого рапса в зависимости от сроков сева по состоянию на 18.11.2019 г. Установлено, что даже в очень благоприятный по осенней вегетации и перезимовке 2019/2020 гг. сроки сева оказали значительное влияние на накопление сахаров в надземной массе растений перед уходом в зиму, снижение которых при посеве 30 августа по сравнению с оптимальным сроком сева 15 августа составило 54,0 %.

Таблица 4 – Содержание сахаров в надземной массе и корнях озимого рапса в зависимости от сроков сева (на 18.11.2019 г.), % на абсолютно сухое вещество

Срок сева	Содержание сахаров, %	
	в надземной массе	в корнях
15 августа	23,74	31,69
20 августа	20,54	31,52
25 августа	18,34	33,50
30 августа	13,69	31,22
05 сентября	12,81	28,88

Оценка состояния перезимовки рапса по содержанию и расходу сухого вещества за период перезимовки в зависимости от сроков сева показала, что отечественные сорта озимого рапса оптимального срока сева в среднем за 3 месяца зимы израсходовали только 8,2–11,0 % сухого вещества, а при посеве 12 сентября расход пластических веществ был выше и составил 16,1 % сухого вещества. Перезимовка отечественных сортов озимого рапса при позднем сроке сева была удовлетворительной, а зарубежные гибриды в основном погибли (таблица 5).

Таблица 5 – Расход сухого вещества растениями озимого рапса в период перезимовки 2008/2009 гг.

Срок сева	Сорт, гибрид	Содержание сухого вещества, %		Расход сухого вещества за зимний период, %	
		декабрь 2008 г.	март 2009 г.	Абсолютный расход, %	Относительный расход, %
10 августа	Зорны	17,2	16,1	1,1	6,4
	Империял	15,6	14,4	1,2	7,7
	Лидер	15,6	14,1	1,5	9,6
	Прогресс	16,5	14,9	1,6	9,7
	среднее	16,2	14,9	1,3	8,2
20 августа	Дабрадзей	14,9	14,0	0,9	6,0
	Зорны	16,6	15,2	1,4	8,4
	Лидер	15,1	13,2	1,9	12,6
	Днепр F1	16,1	13,8	2,3	14,3
	Прогресс	17,5	15,0	2,5	14,3
	среднее	16,0	14,2	1,8	11,0
12 сентября	gms 301	14,6	11,8	2,8	19,2
	Август	16,3	14,0	2,3	14,1
	Арсенал	16,1	13,6	2,5	15,5
	Барин	18,7	15,9	2,8	15,0
	Лидер	14,7	12,6	2,1	14,3
	Прометей	16,1	13,6	2,5	15,5
	среднее	16,1	13,6	2,5	15,6

Исследованиями установлено, что лучше зимуют растения при густоте стояния 35–50 шт/м² при наличии 6 листьев и более с диаметром корневой шейки 0,6 см и более (лучше 1 см), высотой растений 25–35 см, высотой точки роста до 3 см и т.д.

Между оптимальным сроком сева (с 5 августа по 25 августа, в зависимости от региона, предшественника, плодородия почвы и т.п.), влажностью почвы в период посева и всходов (между количеством осадков в августе и перезимовкой в неблагоприятные и экстремальные годы) установлена сильная связь, $R^2=0,86$).

Между продолжительностью вегетации растений в осенний период, которая лучше всего по годам может быть представлена суммой эффективных температур в этот период и урожайностью маслосемян, даже в благоприятные по перезимовке годы существует сильная корреляционная зависимость ($R^2=0,77-0,99$) (рисунк 5).

Озимый рапс, посеянный в первой половине августа, особенно при благоприятных погодных условиях, часто перерастает и поэтому для предотвращения чрезмерного развития надземной массы и снижения линейного роста растений и улучшения его перезимовки осенью в фазе 3-5 листьев вносятся препараты, обладающие фунгицидным и рострегулирующим и ретардантным эффектом.

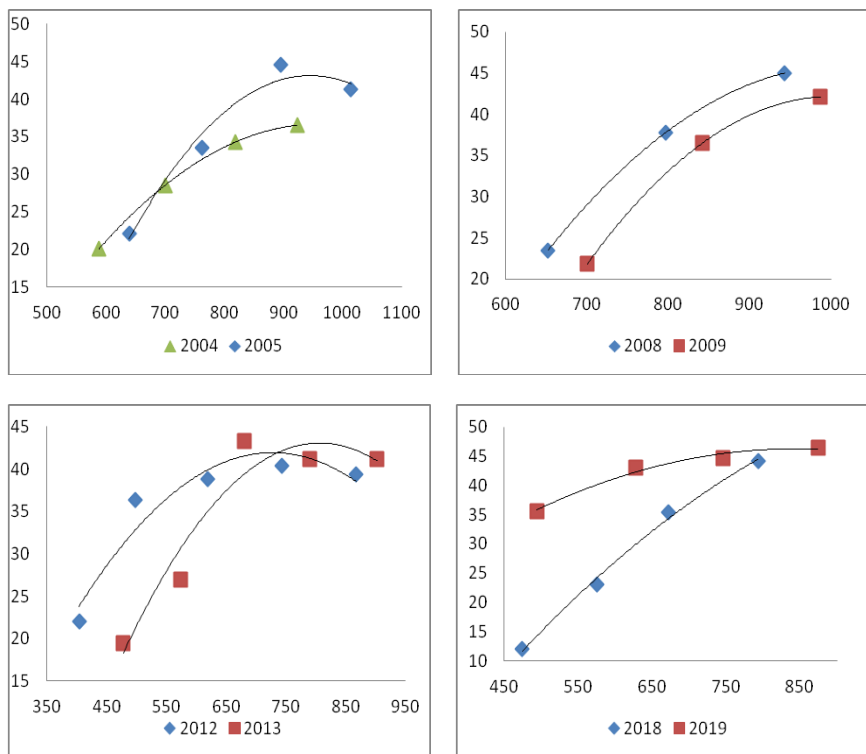


Рисунок 5 – Связь урожайности маслосемян озимого рапса с суммой эффективных температур в осенний период вегетации

Год	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции, r
2004	$y = -0,0001x^2 + 0,2291x - 73,431, R^2 = 1$	r – 0,97
2005	$y = -0,0002x^2 + 0,4371x - 163,46, R^2 = 0,9712$	r – 0,90
2008	$y = -0,0002x^2 + 0,3441x - 128,85, R^2 = 1$	r – 0,98
2009	$y = -0,0002x^2 + 0,4522x - 183,95, R^2 = 1$	r – 0,97
2012	$y = -0,0002x^2 + 0,2515x - 49,595, R^2 = 0,9153$	r – 0,77
2013	$y = -0,0002x^2 + 0,3693x - 105,95, R^2 = 0,9255$	r – 0,85
2018	$y = -1E-04x^2 + 0,2257x - 73,609, R^2 = 0,9955$	r – 0,99
2019	$y = -9E-05x^2 + 0,1447x - 14,687, R^2 = 0,9822$	r – 0,93

Многолетними исследованиями по изучению биологической и хозяйственной эффективности фунгицидов с росторегулирующим эффектом и ретардантов установлено, особенно в неблагоприятные годы, положительное влияние их на защиту посевов от осеннего перерастания и перезимовку озимого рапса. Достоверная прибавка урожайности маслосемян озимого рапса от применения росторегуляторов (в фазе 4-5 настоящих листьев) составила 2,2–14,2 ц/га маслосемян или 7,7–47,5 % к контролю практически во все годы исследо-

ваний. Под действием фунгицидов с росторегулирующим эффектом и ретардантов во всех опытах отмечалось повышение зимостойкости растений рапса (до 27–30 %) благодаря снижению линейного роста растений (точка роста, длина листьев), лучшему развитию корневой системы и большему накоплению пластических веществ. Например, при применении регулятора роста Карамба турбо, ВК с нормой расхода 1,0 и 1,2 л/га в фазу 4 настоящих листьев (ДК 14) озимого рапса уже на 20 день после обработки длина корня увеличилась на 11,4–12,7 %, диаметр корневой шейки на 10,2–15,2 %, высота точки роста снизилась на 28,1–28,9 % по отношению к варианту без обработки.

Оптимальное развитие растений озимого рапса перед уходом в зиму – основной гарант перезимовки и урожайности этой культуры, которое во многом, кроме зимостойкого сорта (гибрида), оптимального срока сева, осеннего применения регуляторов роста зависит от густоты стояния растений в этот период, которая должна составлять 40–60 растений на 1 м². По нашим многолетним данным для получения такой плотности растений в зависимости от ожидаемой полевой всхожести рекомендуется высевать сорта рапса с нормой 0,6–0,9, а гибриды F₁ – 0,5–0,8 млн. всхожих семян на гектар. При превышении нормы посева заметно снижается перезимовка и урожайность озимого рапса, особенно при посеве в первой половине августа.

Заключение

Проведенные исследования показали, что зимостойкость озимого рапса зависит от климатических, агротехнических, физиологических и генетических факторов. Она была значительно повышена для условий Беларуси за счет создания отечественных зимостойких, продуктивных, приспособленных к почвенно-климатическим условиям сортов, разработки технологии возделывания озимого рапса, способствующей повышению зимостойкости этой культуры и рационального использования этих результатов на практике.

Литература

1. Максимов, Н.А. Зимостойкость растений / Н.А. Максимов // Избр. произведения по засухоустойчивости и зимостойкости растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 249 с.
2. Туманов, И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений / И.И. Туманов. – М.: Наука, 1979. – 350 с.
3. Пилюк, Я.Э. Возделывание озимого рапса в Республике Беларусь / Я.Э. Пилюк, В.М. Белявский // Международный аграрный журнал. – 2001. – № 9. – С. 10–15.
4. Методические рекомендации по оценке состояния посевов рапса после перезимовки и заморозков / Я.Э. Пилюк [и др.]; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2011. – 34 с.
5. Пилюк, Я.Э. Рапс в Беларуси (биология, селекция и технология возделывания) : моногр. / Я. Э. Пилюк. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 240 с.
6. Белявский, В.М. К методике селекции озимого рапса на зимостойкость / В.М. Белявский, Я.Э. Пилюк, Н.В. Крыжевская // Принципы и методы оптимизации селекционного процесса сельскохозяйственных растений : тез. докл. Межд. науч.-практ. конф. (14–15 июля, 2005 г., Жодино). – Минск, 2005. – С. 158–164.
7. Возделывание озимого рапса на маслосемена / Ф.И.Привалов [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур:

сб. отраслевых регламентов. Под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. наука, 2012. – С. 363–379.

8. Утеуш, Ю.А. Рапс и сурепица в кормопроизводстве / Ю. А. Утеуш. – Киев: Наукова думка, 1979. – 178 с.

9. Пилюк, Я.Э. Полиформизм запасных белков семян ярового и озимого рапса / Я. Э. Пилюк [и др.] // Рапс – культура XXI века: Аспекты использования на продовольственные, кормовые и энергетические цели. – Липецк, 2005. – С. 105–108.

10. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство / А. А. Жученко. – Кишинев: «Штиинца», 1990. – 431 с.

11. Борзаковська, І.В. Підвищення зимостійкості деревних рослин при інтродукції їх на Україні / І.В. Борзаковська. – К.: Наукова думка, 1973. – 198 с.

OVERWINTERING AND YIELD OF WINTER RAPESEED IN BELARUS AND WAYS OF THEIR INCREASE

Ya.E. Piliuk

The paper presents the analysis of overwintering of winter rapeseed in Belarus and long term research on the dependence of the yield on overwintering. The directions and results of breeding for the development of national winter hardy varieties of rapeseed are shown as well as technological ways to increase overwintering of the crop. It's established that the creation of winter hardy rapeseed varieties adapted to climatic conditions of the republic and strict observance of technical regulations of cultivation of this crop enable to increase its winter hardiness, stability of gross yield and productivity.

УДК 633.2/.3:631[584.51 445.24]

ЦЕНОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ БОБОВЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЛУГОВЫХ ТРАВСТОЯХ НА ДЕРНОВО-ГЛЕЕВОЙ МЕЛИОРИРОВАННОЙ ПОЧВЕ

А.Л. Бирюкович, кандидат с.-х. наук, *Р.Т. Пастушок**, кандидат с.-х. наук,
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,

**РУП «Институт мелиорации»*

(Поступила 12.03.2020 г.)

Рецензент: Боровик А.А., кандидат с.-х. наук

Аннотация В среднем за 6 лет величина индекса ценотической активности клевера ползучего с люцерной посевной в бобово-злаковом травостое была выше, чем у клевера ползучего с другими бобовыми видами, причем на седьмой год пользования показатель уменьшился. У клевера ползучего ИЦА резко снижался на 6 - 7-й годы жизни, а у клевера ползучего с клевером гибридным или лядвенцем рогатым – на 4-й год. Внесение удобрений не изменяло ИЦА клевера ползучего с люцерной посевной, у травосмесей с включением овсяницы тростниковой или клевером гибридным – уменьшало ее на 7,3-17,3%, а лядвенца и/или клевера ползучего – увеличивало на 8,1-16,2%.

В травостоях с клевером ползучим, клевером ползучим и лядвенцем рогатым или люцерной посевной корреляционная связь между индексом ценотической активности и гидротермическим коэффициентом была слабой, а у клевера ползучего с гибридным – умеренной ($r=0,33-0,46$).

Введение. Важной целью конструирования луговых травостоев является их способность к поддержанию продуктивного долголетия. В условиях увеличения потребности животноводства в протеине и снижения доз минеральных удобрений, вносимых на травах, необходимо обеспечить высокую долю бобовых видов в многолетних травостоях. Уровень устойчивости компонента в травостое характеризуется индексом ценотической активности, который рассчитывается как отношение доли семян в травосмеси к доле вида в травостое [1].

Изучение сукцессии травостоев под влиянием удобрений показало, что наиболее сильно влияет на состав травостоя внесение азота. В результате повышается засухоустойчивость трав, урожай становится гарантированным, даже в неблагоприятных погодных условиях [2]. Кроме того, внесение азотных удобрений существенно снижает величину эватранспирационного коэффициента [3, с. 55].

Методика исследований. Почва мелиорированная дерново-глеявая супесчаная – рН 5,85; гумус – 2,99 %; подвижные фосфор – 330 мг/кг; калий – 385 мг/кг почвы (ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита», Смолевичский р-н Минская обл.). Повторность 4-х кратная, площадь делянки – 120 м². Травосмеси: 1. Овсяница красная, 3,8 млн шт./га, райграс пастбищный, 3,7 млн шт./га, фестулолиум, 1,3 млн шт./га, тимофеевка луговая, 5,3 млн шт./га + клевер ползучий, 7,4 млн шт./га; 2. Злаки + клевер ползучий, 7,4 млн шт./га + клевер гибридный, 7,4 млн шт./га; 3. Злаки + овсяница тростниковая, 1,7 млн шт./га + клевер ползучий, 7,4 млн шт./га; 4. Злаки + клевер ползучий, 7,4 млн шт./га + люцерна посевная, 2,5 млн шт./га; 5. Злаки + клевер ползучий, 7,4 млн шт./га + лядвенец рогатый, 5,3 млн шт./га млн шт./га. Посев проводили в 2011 г.

Использование травостоев: 2 и 3-й годы жизни (г.ж.) трав – 6 стравливания коровами; 4-й – 4 укоса и 5 – 7 г.ж. – 3 укоса. Начало пастьбы – при высоте трав 15-18 см. Срок 1-го укоса при 4-х укосах – начало трубкавания злаков, затем через 25, 30, 40 дней, а при 3-х укосах – в фазу трубкавания злаков и через 30, 55 дней соответственно.

Удобрения: 1. N₀P₀K₀; 2. P₄₀K₉₀ + по N₃₀; 3. P₄₀K₉₀ + по N₄₅. Фосфорно-калийные удобрения вносили весной, а азотные подкормки – перед вторым и последующими использованиями.

Гидротермические коэффициенты (ГТК) в периоды формирования урожая травостоев приведены в таблице 1. Величина ГТК в период формирования 1-го укоса была близка к оптимальному во 2-м – 5-м г.ж., 2-го – во 2-м, 3, 4 и 7-м, третьего – во 2-м, 4, 6, 7-м.

Результаты исследований и их обсуждение. Для характеристики состояния бобовых компонентов в травостое рассчитали их индекс ценотической активности (ИЦА). Максимальную активность в травостое (ИЦА=0,89) клевер ползучий проявил во 2-м г.ж. (таблица 2). Внесение удобрений практически не

Таблица 1 – Гидротермические коэффициенты в периоды формирования урожая травостоев

Год жизни трав	Использование (стравливание, укос)						Средний ГТК
	1	2	3	4	5	6	
2-й (2012 г.)	1,0	1,2	1,8	0,9	0,3	1,3	1,1
3-й (2013 г.)	2,1	2,2	0,9	0,8	0,7	0,7	1,2
4-й (2014 г.)	2,6	2,1	1,3	1,3	-	-	1,8
5-й (2015 г.)	1,2	0,8	0,6	-	-	-	0,9
6-й (2016 г.)	0,8	0,9	1,8	-	-	-	1,2
7-й (2017 г.)	0,4	1,4	2,8	-	-	-	1,5

изменяло величину ИЦА. В 3-м г.ж. его величина снизилась в 2,0-3,1 раза. Это связано с интенсивными осадками (140,8 мм) в период формирования 1-го укоса, когда из-за переувлажнения почвы доля клевера снизилась до 8,7-13,5% и только к 6-му стравливанию увеличилась до 16,8-22,0%. В 4 г.ж. трав без внесения удобрений ИЦА клевера ползучего увеличился в 1,9 раза, а на их фоне практически не изменился. На 5-й г.ж. трав ИЦА клевера ползучего снизился из-за засухи (ГТК=1,0) и вместо четырех укосов было проведено только три. В таких условиях ИЦА клевера ползучего в целом за сезон без NPK снизился в 1,6 раза. На фоне РК + по N₃₀ ИЦА увеличился в 1,2 раза, а РК + по N₄₅ – не изменился.

Таблица 2 – Индекс ценотической активности бобовых компонентов в бобово-злаковом травостое

Бобовый компонент	Удобрение	Год жизни трав						Среднее	±, % от	
		2	3	4	5	6	7		NPK	компонентов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Клевер ползучий – контроль	N ₀ P ₀ K ₀	0,89	0,29	0,55	0,34	0,28	0,17	0,42	-	
	РК+по N ₃₀	0,83	0,42	0,45	0,54	0,48	0,09	0,47	11,9	
	РК+по N ₄₅	0,89	0,32	0,43	0,48	0,46	0,0	0,43	2,4	
	Ср.	0,87	0,34	0,48	0,45	0,41	0,09	0,44		-
Овсяница тростниковая + клевер ползучий	N ₀ P ₀ K ₀	0,85	0,62	0,67	0,32	0,28	0,38	0,52	-	
	РК+по N ₃₀	0,81	0,72	0,65	0,22	0,16	0,0	0,43	-17,3	
	РК+по N ₄₅	0,83	0,63	0,55	0,51	0,38	0,0	0,48	-7,7	
	Ср.	0,83	0,66	0,62	0,35	0,27	0,13	0,48		0,9
Клевер ползучий + клевер гибридный	N ₀ P ₀ K ₀	0,55	0,64	0,50	0,24	0,26	0,29	0,41	-	
	РК+по N ₃₀	0,58	0,80	0,27	0,28	0,23	0,09	0,38	-7,3	
	РК+по N ₄₅	0,53	0,59	0,36	0,23	0,23	0,07	0,34	-17,1	
	Ср.	0,55	0,68	0,38	0,25	0,24	0,15	0,37		-1,6
Клевер ползучий + люцерна посевная	N ₀ P ₀ K ₀	0,71	0,73	0,64	0,78	0,75	0,40	0,67	-	
	РК+по N ₃₀	0,74	0,82	0,55	0,86	0,84	0,38	0,70	4,5	
	РК+по N ₄₅	0,72	0,75	0,43	0,80	0,82	0,41	0,66	-1,5	
	Ср.	0,72	0,77	0,54	0,81	0,80	0,40	0,67		5,2

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Клевер ползучий + лядвенец рогатый	N ₀ P ₀ K ₀	0,54	0,54	0,45	0,27	0,25	0,18	0,37	-	
	PK+по N ₃₀	0,55	0,64	0,44	0,25	0,26	0,24	0,40	8,1	
	PK+по N ₄₅	0,54	0,72	0,39	0,32	0,38	0,22	0,43	16,2	
	Ср.	0,54	0,63	0,43	0,28	0,30	0,21	0,40		-0,9

На 6-й г.ж. трав ИЦА клевера ползучего по сравнению с предыдущим годом снизился, так как в 1-м и 2-м укосах клевера не было, что связано с засушливыми условиями этого периода (ГТК – 0,8). Во время формирования 3-го укоса ГТК составил 2,0, а доля клевера – 6,1–12,3%. На 7-й г.ж. несмотря на благоприятные условия для роста трав ИЦА клевера ползучего без NPK снизился по сравнению с 6-м г.ж. в 1,6 раза, а на фоне удобрений – клевер выпал из травостоя.

Для повышения урожайности в травостой с клевером ползучим добавили верховой вид – овсяницу тростниковую. Во 2-й г.ж. ИЦА клевера ползучего практически не отличался от предыдущего варианта, а на 3 г.ж. он несколько снизился из-за переувлажнения. Однако это снижение было в 1,7-2,1 раза меньше, чем в травостое без овсяницы тростниковой, что связано с ее более высоким водопотреблением. На 4-й г.ж. ИЦА клевера без NPK по сравнению с 3 г.ж. практически не изменился, а при внесении удобрений снизился в 1,1 раза. Следует отметить, что ИЦА клевера ползучего в травосмеси с овсяницей тростниковой был в 1,2-1,4 раза выше, чем в контроле. На 5-й г.ж. ИЦА клевера снизился по сравнению с 4 г.ж. без NPK в 2,1 раза, а с внесением PK + по N₃₀ – в 3 раза. При внесении PK + по N₄₅ ИЦА клевера практически не изменился и был выше, чем в вариантах без NPK и PK + по N₃₀. В 6-м г.ж. ИЦА клевера по сравнению с 5-м г.ж. без NPK уменьшился в 1,1 раза, а с удобрениями – в 1,3 раза, причем его величина была более высокой в варианте PK + по N₄₅ (ИЦА=0,51). В 7-м г.ж. ИЦА клевера без удобрений увеличился в 1,4 раза, а на их фоне клевер ползучий из травостоя выпал. Включение в травосмесь более ценотически активного злака – овсяницы тростниковой не снижало ИЦА клевера ползучего, и в среднем за 6 лет по вариантам он составил в травостое с овсяницей тростниковой 0,48, а без нее – 0,44. Причем, без внесения удобрений ИЦА был в 1,2 раза выше, чем в контроле.

Включение в травосмесь клевера гибридного во 2-й г.ж. снизило ИЦА по сравнению с контролем в 1,6 раза. Внесение удобрений практически не изменяло ИЦА бобовых компонентов. В 3-м г.ж. ИЦА бобовых видов увеличился по сравнению со 2-м г.ж. в среднем в 1,2 раза, а при внесении PK + по N₄₅ – в 1,4 раза. А в среднем за год ИЦА бобовых по сравнению с контролем увеличился в 2 раза. В 4-м г.ж. ИЦА бобовых видов по сравнению с 3-м г.ж. в среднем снизился в 1,8 раза из-за выпадения клевера гибридного, причем, при внесении PK + по N₃₀ он был ниже в 3 раза, а – PK + по N₄₅ – в 1,6 раза. ИЦА клевера ползучего с гибридным по сравнению с контролем был ниже без NPK в 1,1 раза, PK + по N₃₀ – 1,7, по N₄₅ – в 1,2 раза. На 5-й г.ж. ИЦА клеверов снизился по сравнению с 4-м г.ж. в варианте N₀P₀K₀ в 2,1 раза, PK + по N₄₅ – в 1,6

раза, по N_{30} – не изменялся. На 6-й г.ж. ИЦА клевера ползучего с гибридным практически не изменился по сравнению с предыдущим годом. На 7-й г.ж. ИЦА клеверов в варианте без удобрений практически не изменялся, а при их внесении – был невысоким (0,07-0,09).

Включение в травосмесь люцерны посевной во 2-й г.ж. снижало ИЦА бобовых по сравнению с контролем в 1,2 раза, причем внесение удобрений практически не изменяло его величину. На 3-й г.ж. их ИЦА увеличился по сравнению с 2-м г.ж. в среднем в 1,1 раза. В 4-м г.ж. ИЦА бобовых видов снизился по сравнению с 3-м г.ж. при внесении РК + по N_{30} в 1,5, а РК + по N_{45} – в 1,7 раза, что связано с выпадением клевера. На 5-й г.ж. ИЦА бобовых видов увеличился по сравнению с 4-м г.ж. без удобрений в 1,2 раза, а при внесении РК + по N_{30} – в 1,6, РК + по N_{45} – в 1,9 раза. На 6-й г.ж. ИЦА практически не изменился, а на 7-й г.ж. он уменьшился в 2 раза.

Величина ИЦА у клевера ползучего с лядвенцем рогатым во 2-й г.ж. в среднем по вариантам составила 0,54 и не зависела от дозы удобрений. В 3-м г.ж. величина ИЦА увеличилась только в вариантах с удобрениями (в 1,2 – 1,3 раза). В 4-м г.ж. в варианте $N_0P_0K_0$ ИЦА уменьшился в 1,7 раза, РК + по N_{30} и по N_{45} – в 1,5 и 1,8 раза соответственно. На 5 и 6-й г.ж. ИЦА бобовых компонентов был примерно одинаков и по сравнению с 4-м г.ж. уменьшился в 1,7-1,8 раза. При внесении РК + по N_{45} перед укосом ИЦА был в 1,3-1,5 раза выше, чем в вариантах $N_0P_0K_0$ и РК + по N_{30} . На 7-й г.ж. ИЦА бобовых компонентов по сравнению с предыдущим 6-м г.ж. несколько уменьшился в вариантах $N_0P_0K_0$ и РК + по N_{45} – в 1,4 и 1,7 раза соответственно. Однако в вариантах с удобрениями он был выше, чем травостое с одним клевером ползучим.

Многолетние травы по-разному реагируют на изменения погодных условий. Например, урожайность люцерны тесно связана с температурой воздуха, освещенностью и меньше с количеством осадков, а для клевера, тимофеевки и овсяницы требуется определенное сочетание осадков и температуры [4, с. 127]. Величина транспирационного коэффициента бобовых видов составляет около 500–800 [5] и значительно выше, чем злаковых – 474–553 [6]. Поэтому для установления устойчивости бобовых видов в составе агрофитоценозов в периоды формирования укосов была проанализирована корреляционная связь между ИЦА бобовых компонентов и ГТК. Тесноту связи оценивали по шкале Чеддока: при коэффициенте корреляции (r) = 0,1–0,3 – связь слабая, 0,3–0,5 – умеренная, 0,5–0,7 – заметная, 0,7–0,9 – высокая, 0,9–0,99 – весьма высокая [7].

У клевера ползучего во 2-й г.ж. связь между показателями ГТК и ИЦА в варианте $N_0P_0K_0$ была тесной, при РК + по N_{30} она ослабевала и была заметной, а при РК + по N_{45} – умеренной (таблица 3). В 3-м г.ж. связь между этими показателями была обратной и, если без внесения НРК она была слабой, то на фоне РК + по N_{30} – весьма высокой, а по РК + N_{45} – заметной. Обратную связь между ИЦА клевера и ГТК можно объяснить тем, что в условиях весеннего переувлажнения и засухи во второй половине вегетации создавались более благоприятные условия для злаковых компонентов. Внесение удобрений, и, в первую очередь, азота, также усиливало рост злаков. На 4-й г.ж. связь между ИЦА клевера и ГТК была слабой, а при РК + по N_{30} – отсутствовала. На 5-й г.ж. в

Таблица 3 – Коэффициент корреляции между ИЦА клевера ползучего и ГТК в бобово-злаковом травостое

Год жизни трав	<i>r</i> ИЦА: ГТК		
	N ₀	N ₃₀	N ₄₅
2-й	0,74	0,68	0,43
3-й	-0,10	-0,90	-0,69
4-й	0,16	0,03	-0,20
5-й	0,01	-0,07	-0,15
6-й	-0,42	-0,42	-0,42
7-й	0,49	-0,81	0,00
Среднее	0,15	-0,25	-0,17

условиях засухи обратная слабая связь между ИЦА и ГТК отмечена только при внесении РК + по N₄₅. На 6-й г.ж. в условиях засухи первой половины вегетации эффективность внесения минеральных удобрений снизилась и, как следствие *r* ИЦА : ГТК не зависел от их дозы и был слабо отрицателен. На 7-й г.ж. связь между этими показателями при N₀P₀K₀ была умеренной, а на фоне РК + по N₃₀ – отрицательной и высокой. В среднем за 6 лет пользования травостоем связь между ИЦА клевера ползучего и ГТК без удобрений была слабой, а на их фоне – слабо отрицательной.

В травостое с добавлением овсяницы тростниковой клевер ползучий вел себя несколько иначе. Так во 2-й г.ж. в вариантах N₀P₀K₀ и РК+по N₃₀ *r* ИЦА : ГТК был заметным и примерно таким же, как и в травостое без овсяницы тростниковой, а при подкормках РК + по N₄₅ – несколько выше (таблица 4). В 3-м г.ж. связь между ИЦА и ГТК была обратной умеренной и только при РК + по N₄₅ – отрицательной и весьма высокой. В 4-м г.ж. эта связь была положительной и ее теснота увеличивалась без внесения удобрений до заметной, при внесении РК + по N₃₀ – умеренной и РК + N₄₅ – высокой. В 5-м г.ж. слабая связь ИЦА бобовых и ГТК отмечена только при внесении удобрений. В 6-м г.ж. она была умеренной и обратной. На 7-й г.ж. слабая связь между этими показателями отмечена только без удобрений, а при их внесении клевер из травостоя выпал. Связь между ИЦА бобовых и ГТК в среднем за 6 лет была слабой.

Таблица 4 – Коэффициент корреляции между ИЦА клевера ползучего и ГТК в бобово-злаковом травостое с овсяницей тростниковой

Год жизни трав	<i>r</i> ИЦА: ГТК		
	N ₀	N ₃₀	N ₄₅
2-й	0,67	0,70	0,67
3-й	-0,34	-0,37	-0,91
4-й	0,59	0,38	0,70
5-й	-0,04	0,25	0,18
6-й	-0,42	-0,42	-0,42
7-й	0,11	0,00	0,00
Среднее	0,10	0,09	0,04

Корреляция между ИЦА клевера ползучего с гибридным и ГТК во 2-м г.ж. без удобрений и РК + по N_{30} была умеренная, а при РК + по N_{45} – заметная (таблица 5). Включение клевера гибридного в состав травосмеси на 3-й г.ж. увеличивало тесноту связи ИЦА с ГТК до высокой, а при внесении РК + по N_{45} она по сравнению со 2-м г.ж. не изменялась. На 4-й г.ж. связь ИЦА бобовых с ГТК при $N_0P_0K_0$ снизилась до умеренной, при РК + по N_{30} была весьма высокой, а РК + по N_{45} – по-прежнему заметной. На 5-й г.ж. слабая корреляционная связь ИЦА бобовых с ГТК была отмечена только при внесении удобрений. На 6-й г.ж. корреляция между ИЦА бобовых и ГТК была отрицательной и заметной, а при РК + по N_{45} – высокой. На 7-й г.ж. связь между этими показателями была весьма высокой, что связано с увеличением доли клевера ползучего. В среднем за 6 лет корреляционная связь между ИЦА клевера ползучего с гибридным и ГТК была умеренной, причем при внесении РК + по N_{30} перед укосом ее теснота была несколько выше.

Таблица 5 – Коэффициент корреляции между ИЦА клевера ползучего с гибридным и ГТК в бобово-злаковом травостое

Год жизни трав	<i>r</i> ИЦА: ГТК		
	N_0	N_{30}	N_{45}
2-й	0,49	0,45	0,58
3-й	0,72	0,81	0,52
4-й	0,46	0,91	0,58
5-й	0,00	0,24	0,11
6-й	-0,64	-0,54	-0,72
7-й	0,98	0,91	0,91
Среднее	0,34	0,46	0,33

Теснота связи между ИЦА клевера ползучего с люцерной и ГТК при $N_0P_0K_0$ во 2-м г.ж. была умеренной, а на фоне удобрений увеличивалась в 1,3-1,4 раза и была заметной (таблица 6). На 3-й г.ж. теснота корреляционной связи между ИЦА бобовых и ГТК при внесении удобрений уменьшалась. Причем, на фоне РК + по N_{30} она отсутствовала, а при РК + по N_{45} – была слабо отрицательной. На 4-й г.ж. связь между ИЦА бобовых видов и ГТК при $N_0P_0K_0$ не изменялась, а при внесении РК + по N_{30} и N_{45} увеличивалась до слабой и заметной соответственно. На 5-й г.ж. связь между ИЦА бобовых и ГТК была отрицательной, причем, без внесения удобрений была высокой, а с их внесением – заметной и высокой. На 6-й г.ж. эта связь без НРК была положительной и умеренной, при РК + по N_{30} – отсутствовала, а РК + по N_{45} – была слабой. На 7-й г.ж. за счет люцерны посевной связь между ее ИЦА и ГТК была высокой, а при внесении РК + по N_{30} – весьма высокой. В среднем за 6 лет связь между ИЦА клевера ползучего с люцерной и ГТК на всех фонах удобрений была слабой.

Корреляция между ИЦА лядвенца с клевером ползучим и ГТК на 2-г.ж. без внесения удобрений была заметной, а при их внесении – снижалась до умеренной (таблица 7). На 3-й г.ж. связь между этими показателями при $N_0P_0K_0$

Таблица 6 – Коэффициент корреляции ИЦА клевера ползучего с люцерной и ГТК в бобово-злаковом травостое

Год жизни трав	<i>r</i> ИЦА: ГТК		
	N ₀	N ₃₀	N ₄₅
2-й	0,45	0,60	0,64
3-й	0,37	-0,03	-0,17
4-й	0,38	0,28	0,54
5-й	-0,83	-0,62	-0,80
6-й	0,38	0,07	0,28
7-й	0,81	0,99	0,83
Среднее	0,26	0,22	0,22

отсутствовала, а при внесении NPK была обратной и высокой. На 4-й г.ж. теснота связи ИЦА бобовых и ГТК усиливалась за счет лядвенца и без внесения удобрений была высокой, а с их внесением – заметной. В засушливом 5-м г.ж. связь между ИЦА бобовых и ГТК без NPK была слабой, при внесении PK + по N₃₀ ослабевала, а при PK + по N₄₅ – отсутствовала. На 6-й г.ж. корреляционная связь между ИЦА бобовых и ГТК была отрицательной и высокой, а на 7-й г.ж. при N₀P₀K₀ была заметной, а на фоне PK + по N₃₀ – высокой. В среднем за 6 лет связь между ИЦА лядвенца с клевером ползучим и ГТК без внесения удобрений была слабой, а при их внесении отсутствовала.

Таблица 7 – Коэффициент корреляции между ИЦА клевера ползучего с лядвенцем и ГТК в бобово-злаковом травостое

Год жизни травостоя	<i>r</i> ИЦА: ГТК		
	N ₀	N ₃₀	N ₄₅
2-й	0,60	0,48	0,57
3-й	0,08	-0,83	-0,81
4-й	0,75	0,60	0,60
5-й	0,30	0,15	-0,02
6-й	-0,73	-0,74	-0,74
7-й	0,50	0,71	0,19
Среднее	0,25	0,06	-0,04

Выводы

В среднем за 6 лет пользования бобово-злаковым травостоем величина индекса ценотической активности клевера ползучего с люцерной посевной была выше, чем у клевера ползучего другими бобовыми видами и он составил 0,67, причем резкое снижение ИЦА произошло на седьмой год жизни (0,40). ИЦА клевера ползучего значительно снижался на 7-й г.ж., а у клевера ползучего с гибридным или лядвенцем рогатым – на 4-й. Включение дополнительных видов (овсяница тростниковая, клевер гибридный, люцерна посевная, ляденец рогатый) в состав травосмеси изменяло ИЦА бобовых компонентов незначительно – на 1,6-5,2%.

У травосмесей с включением видов верхового типа (овсяница тростниковая или клевер гибридный) внесение удобрений ($P_{40}K_{90}$ + по N_{30} или N_{45} перед 2-м и последующими использованиями) снижало индекс ценотической активности бобовых на 7,3–17,3%, а люцерной посевной – не изменяло. Виды низового типа (лядвенец рогатый и/или клевер ползучий) – увеличивали ИЦА бобового компонента на 8,1–16,2%.

В среднем за 6 лет в бобово-злаковых травостоях с клевером ползучим, клевером ползучим и лядвенцем рогатым или люцерной посевной корреляционная связь между ИЦА бобовых видов и ГТК была слабой, а, значит, они меньше зависели от погодных условий. Связь между ИЦА клевера ползучего с клевером гибридным и ГТК была умеренной ($r=0,33-0,46$), что свидетельствует о большей зависимости от погоды.

Литература

1. Способ формирования сеяных сообществ долголетних сенокосов и пастбищ / Н.В. Синецын, Л.П. Гордей, Н.П. Маршалко / (19) SU (11) 1 356 979 (13) A1 (51) МПК A01B 79/02(2006.01) 21) (22) / 1984.04.22, (45) – Режим доступа: http://patents/doc/SU1356979A1_19871207 [Электронный ресурс], дата доступа 11.02.2020.
2. Мееровский, А.С. Воздействие интенсификации кормопроизводства на мелиорированные луговые земли и разработка мер по минимизации антропогенных факторов / А.С. Мееровский, А.Л. Бирюкович / Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана: матер. науч.-практ. конф., 8–11 июня 2015 г., Пинск. – Ч. 2. – С. 118–122.
3. Работнов, Т.А. Экология луговых трав / Т.А. Работнов / Москва: изд-во МГУ, 1985. – 176 с.
4. Биоклиматология бобовых и злаковых трав / под ред. И.Г. Грингофа. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1981. – 129 с.
5. Транспирационный коэффициент [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, дата доступа 11.02.2020.
6. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://agro-portal24.ru/lugovedenie/4362-voda-chast-...>, дата доступа 11.02.2020.
7. Шкала Чеддока : [электронный ресурс] : – Режим доступа: Ekonometrik.ru. – Дата доступа : 15.02.2019.

CENOTIC ACTIVITY OF LEGUMENOUS COMPONENTS IN MEADOW GRASS STANDS ON SOD-GLEY RECLAIMED SOIL

A.L. Biryukovich, R.T. Pastushok

On average, over 6 years, coenotic activity index (ICA) of white clover mixed with alfalfa in legume-grass stand was higher than ICA of white clover mixed with other leguminous species, and it decreased in the seventh year of use. ICA of white clover reduced sharply in the 6–7 th year, and the index of white clover mixed with alsike clover or Lotus corniculatus - in the 4th year. Fertilization did not change the ICA of white clover mixed with alfalfa, but in grass mixtures with Festuca arundinacea or alsike clover fertilization reduced the index by 7.3–17.3 %, and lotus corniculatus and/or white clover - it increased by 8.1–16.2 %. The correlation between coenotic activity index and hydrothermal coefficient was weak in grass stands with white clover, white clover and Lotus corniculatus or alfalfa, and moderate in white clover with alsike clover ($r=0.33-0.46$).

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЫРОГО ЖИРА И БЕЛКА В МАСЛО- СЕМЕНАХ РАПСА ЯРОВОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ АГРОТЕХНИКИ

И.М. Наумович, кандидат с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 08.04.2020)

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

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по влиянию сроков сева, норм высева, гербицидов, фунгицидов и регуляторов роста на содержание сырого жира и белка в маслосеменах гибридов Алмаз F_1 и Рубин F_1 и сорта Гермес рапса ярового.

В почвенно-климатических условиях Беларуси рапс является основной масличной культурой [1]. Его маслосемена используются как сырье для маслоперерабатывающей промышленности, побочными продуктами которой являются жмых и экстракционный шрот. Благодаря высокому содержанию белка и незаменимых аминокислот они используются в животноводческой отрасли для сбалансирования концентрированных кормов по белку, дефицит которого в настоящее время составляет свыше 30 %. Согласно СТБ 1398-2003 содержание жира в маслосеменах рапса должно составлять не менее 40 %, содержание белка не нормируется.

Процесс маслообразования в семенах масличных культур, в том числе и рапса, происходит с первых дней формирования семян. В это же время начинается и процесс образования запасного белка в маслосеменах, накопление которого идет параллельно накоплению масла [2-4]. Целью наших исследований было изучение влияния разных сроков сева, норм высева, гербицидов, фунгицидов и регуляторов роста на содержание сырого жира и белка в маслосеменах рапса ярового в условиях центральной части Беларуси.

Методика проведения исследований. Исследования проводили в 2011–2013 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7-0,8 м моренным суглинком. Показатели агрохимической характеристики пахотного горизонта: содержание гумуса – 2,0–2,3%, P_2O_5 – 144–179, K_2O – 225–258, CaO – 1284–1386, MgO – 175–320, B – 0,59–0,62, Cu – 1,0–1,2, Zn – 1,5–1,8 мг/кг почвы, рН (KCl) – 5,6–5,8. Объектом исследования были отечественные гибриды рапса ярового Алмаз F_1 , Рубин F_1 и сорт Гермес. Предшественник – ячмень яровой. После его уборки проводили лущение стерни и зяблевую вспашку, а ранней весной культивацию и предпосевную обработку АКШ-3,6. Фосфорные (суперфосфат двойной) и калийные (хлористый калий) удобрения ($P_{60}K_{120}$) вносили под основную обработку почвы. Азотные удобрения (мочевина) применяли дробно в два приема: N_{120} – под ранневесеннюю культивацию и N_{30} – в фазу начала бутонизации.

Посев осуществляли селекционной сеялкой John-Deere семенами, обработанными инсекто-фунгицидным протравителем с микроэлементами (Кинто Дуо, КС (2,5 л/т) + Табу, ВСК (6,0 л/т) + Эколист «Стандарт» (3,0 л/т)). Способ посева – рядовой с шириной междурядий 12,5 см. Глубина заделки семян – 2,0–2,5 см, норма высева – 1,7 млн шт./га всхожих семян, в опыте с нормами высева – согласно схеме опыта (таблица 3). Учетная площадь делянки – 20 м², повторность 4-х кратная, размещение делянок – рендомизированное. Рапс яровой высевали в 4 срока – первый при прогревании почвы на 5 °С на глубину 10 см, последующие – спустя неделю после предыдущего согласно схеме опыта (таблица 1).

Для борьбы с сорняками в опытах по изучению сроков сева, норм высева, регуляторов роста и фунгицидов вносили гербицид Бутизан Стар, КС (1,7 л/га) после посева до всходов культуры, в опыте по изучению гербицидов – согласно схеме опыта (таблица 4). Посевы рапса ярового против вредителей (рапсового цветоеда и скрытнохоботников) в фазу бутонизации обрабатывали инсектицидом Децис Профи, ВДГ (0,03 кг/га). Через 7-14 дней при превышении вредителями ЭПВ обработку повторяли. С целью защиты рапса от болезней применяли фунгицид Прозаро, КЭ (0,6 л/га). В опыте по изучению фунгицидов их применяли согласно схеме опыта (таблица 6).

Учет урожайности проводили методом сплошного обмолота комбайном «Сампо-130» поделяночно с пересчетом на 10% влажность. Содержание сырого жира и протеина в маслосеменах определяли методом инфракрасной спектроскопии на приборе NIRS 5000.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2011–2013 гг.) существенно отличались от среднеголетних значений, что способствовало более глубокому анализу влияния изучаемых приемов агротехники на содержание сырого жира и белка в маслосеменах рапса ярового. ГТК в период вегетации рапса ярового в 2011 г. был равен 1,27, в 2012 г. – 1,36, в 2013 г. – 1,41.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследованиями установлено, что сроки сева рапса ярового оказывают определенное влияние на содержание сырого жира и протеина в маслосеменах. При посеве культуры в первый срок у гибридов *Алмаз*, *Рубин* и сорта *Гермес* содержание жира составило соответственно 44,1; 43,6 и 44,3 %. Наблюдалась тенденция увеличения маслячности от первого срока сева ко второму и снижение ее к третьему и четвертому (таблица 1).

Маслосемена самого позднего из изучаемых сроков сева характеризовались наименьшим содержанием жира (43,3–43,9 %), что в совокупности с меньшей урожайностью приводило к значительному снижению валового сбора масла с гектара. При посеве рапса на 21 день позже первого срока у гибридов *Алмаз*, *Рубин* и сорта *Гермес* этот показатель снизился соответственно на 3,8; 4,5 и 4,0 ц/га или 29,7; 34,6 и 32,8 %.

Следует отметить, что более высокая маслячность семян (44,4 и 44,9 % в среднем по всем генотипам) была в 2011 г. и 2013 г., которые характеризовались умеренной температурой и достаточным количеством осадков в начале

Таблица 1 – Влияние сроков сева на содержание сырого жира в маслосеменах рапса ярового и валовой сбор масла

Срок сева	Содержание жира, %				Сбор масла, ц/га			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Гермес								
I - ранний	44,4	43,4	45,1	44,3	16,0	10,3	10,4	12,2
II - через 7 дней	45,0	44,2	45,5	45,2	17,0	10,4	10,7	12,7
III - через 14 дней	44,7	43,7	44,6	44,3	13,7	9,4	9,5	10,9
IV - через 21 день	44,8	43,1	43,8	43,9	12,1	7,5	5,0	8,2
Среднее за год	44,7	43,6	44,8		14,7	9,4	8,9	
Алмаз F ₁								
I - ранний	44,0	43,0	45,3	44,1	16,6	10,8	11,0	12,8
II - через 7 дней	44,8	44,2	45,4	44,8	17,5	10,9	10,8	13,1
III - через 14 дней	43,7	43,5	44,8	44,0	16,8	10,4	10,5	12,6
IV - через 21 день	43,4	43,1	44,0	43,5	13,0	8,1	5,7	9,0
Среднее за год	44,0	43,5	44,9		16,0	10,1	9,5	
Рубин F ₁								
I - ранний	45,1	40,2	45,5	43,6	17,9	10,0	11,4	13,0
II - через 7 дней	44,8	44,3	45,8	45,0	17,6	10,9	11,4	13,3
III - через 14 дней	44,6	40,5	44,8	43,3	17,8	9,6	10,5	12,6
IV - через 21 день	43,7	42,7	43,4	43,3	12,5	7,3	5,6	8,5
Среднее за год	44,6	41,9	44,9		16,5	9,4	9,7	

середине налива семян (1–2 декада июля). В 2012 г. недостаток атмосферных осадков в этот период обусловил снижение содержания жира в семенах рапса ярового до 43,0 % в среднем по гибридам и сорту.

Содержание сырого протеина в маслосеменах имело тенденцию снижения от первого срока сева ко второму-третьему и увеличения к четвертому. Однако из-за низкой урожайности выход его с гектара был наименьшим при четвертом сроке сева и уступил остальным срокам в среднем на 1,9; 2,1 и 2,3 ц/га или 28,8; 29,2 и 31,9 % (таблица 2).

Увеличение нормы высева семян от 1,0 до 2,0 млн/га всхожих семян не оказало существенного влияния на содержание жира в семенах рапса ярового, которое у изучаемых генотипов было равно 44,2–44,6 %. При увеличении нормы высева семян до 2,5 млн/га отмечалась тенденция к повышению масличности на 0,3–0,5 % в абсолютном выражении.

Среднее содержание жира по нормам высева и генотипам в 2011 г. было равно 44,5 %, в 2012 г. – 43,4 %, в 2013 г. – 45,3 % (таблица 3).

Содержание сырого протеина в маслосеменах варьировало от 22,9 до 26,4 % и зависело в большей степени от погодных условий вегетации, чем от густоты стояния растений. Оно находилось в обратно-пропорциональной зависимости с показателем их масличности (2011 г. и 2013 г. – 24,6 и 23,8 % соответственно, в 2012 г. – 25,1 %), что согласуется с данными других исследователей [6, 7].

Таблица 2 – Влияние сроков сева на содержание сырого протеина в маслосеменах рапса ярового и его сбор с 1 га

Вариант	Содержание протеина, %				Сбор протеина, ц/га			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Гермес								
I - ранний	25,3	25,9	24,1	25,1	9,1	6,1	5,6	6,9
II - через 7 дней	24,8	25,3	23,7	24,6	9,2	6,0	5,6	6,9
III - через 14 дней	25,0	25,5	23,9	24,8	7,7	5,5	5,1	6,1
IV - через 21 день	24,8	26	24,5	25,1	6,7	4,5	2,8	4,7
Алмаз F ₁								
I - ранний	25,5	25,8	23,9	25,1	9,6	6,5	5,8	7,3
II - через 7 дней	24,8	25,1	24,1	24,7	9,7	6,2	5,7	7,2
III - через 14 дней	25,7	25,5	24,5	25,2	9,9	6,1	5,7	7,2
IV - через 21 день	24,4	25,8	24,5	24,9	7,3	4,9	3,2	5,1
Рубин F ₁								
I - ранний	24,1	26,1	23,6	24,6	9,5	6,5	5,9	7,3
II - через 7 дней	24,6	25	23,2	24,3	9,7	6,1	5,8	7,2
III - через 14 дней	24,7	25,9	23,9	24,8	9,9	6,1	5,6	7,2
IV - через 21 день	25,2	26	24,4	25,2	7,2	4,5	3,2	4,9

Таблица 3 – Содержание сырого жира и протеина в маслосеменах рапса ярового в зависимости от нормы высева, %

Норма высева, млн/га всхожих семян	Содержание жира				Содержание протеина			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Гермес								
1,0	44,2	43,0	44,8	44,0	24,8	25,7	24,5	25,0
1,5	44,6	43,2	45,4	44,4	24,7	25,2	23,4	24,4
2,0	44,0	43,5	45,0	44,2	25,1	24,9	23,9	24,6
2,5	44,9	43,9	45,2	44,7	25,0	24,5	23,5	24,3
Среднее за год	44,4	43,4	45,1		24,9	25,1	23,8	
Алмаз F ₁								
1,0	44,7	43,0	45,3	44,3	24,5	25,3	24,2	24,7
1,5	44,0	43,6	45,6	44,4	25,0	24,8	23,8	24,5
2,0	44,1	43,9	44,7	44,2	23,9	24,9	24,4	24,4
2,5	44,9	44,2	45,1	44,7	24,2	24,2	24,5	24,3
Среднее за год	44,4	43,7	45,2		24,4	24,8	24,2	
Рубин F ₁								
1,0	44,7	42,7	45,4	44,3	24,6	26,4	24,3	25,1
1,5	44,0	42,4	45,6	44,0	25,3	25,9	23,1	24,8
2,0	44,9	43,8	45,2	44,6	24,2	24,7	23,5	24,1
2,5	44,8	43,9	45,9	44,9	23,8	25,1	22,9	23,9
Среднее за год	44,6	43,2	45,5		24,5	25,5	23,5	

Применение гербицидов способствовало увеличению содержания жира, как у гибридов, так и у сорта рапса ярового. Масличность семян сорта Гермес

при применении гербицидов Нимбус и Теридокс увеличилась с 43,4 % (контроль) до 44,8 и 44,7 % или на 1,4 и 1,3 % в абсолютном выражении соответственно (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание сырого жира и протенна в семенах растений рапса ярового в зависимости от применения почвенных гербицидов, %

Вариант	Содержание жира				Содержание протеина			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Гермес								
Контроль (без обработки)	43,2	42,7	44,3	43,4	25,6	26,0	24,5	25,4
Нимбус, 1,7 л/га	44,5	43,9	45,9	44,8	24,4	25,0	23,0	24,1
Бутизан 400, 1,7 л/га	44,1	43,2	44,7	44,0	24,1	25,4	24,1	24,5
Теридокс, 2,0 л/га	44,8	43,6	45,8	44,7	24,6	25,8	23,0	24,5
Среднее за год	44,2	43,4	45,2		24,7	25,6	23,7	
Алмаз F ₁								
Контроль (без обработки)	43,5	43,5	44,6	43,9	25,7	25,3	24,2	25,1
Нимбус, 1,7 л/га	44,2	44,3	45,4	44,6	24,1	24,5	23,4	24,0
Бутизан 400, 1,7 л/га	44,3	43,9	45,1	44,4	24,3	25,0	23,2	24,2
Теридокс, 2,0 л/га	44,3	43,4	45,8	44,5	24,5	25,4	22,8	24,2
Среднее за год	44,1	43,8	45,2		24,7	25,1	23,4	
Рубин F ₁								
Контроль (без обработки)	43,6	42,3	45,3	43,7	25,4	25,8	23,8	25,0
Нимбус, 1,7 л/га	44,1	42,9	45,3	44,1	24,4	25,8	23,5	24,6
Бутизан 400, 1,7 л/га	44,8	43,1	45,6	44,5	24,0	25,3	23,4	24,2
Теридокс, 2,0 л/га	44,9	44,1	45,2	44,7	24,0	24,1	23,4	23,8
Среднее за год	44,4	43,1	45,4		24,5	25,3	23,5	

При применении препарата Бутизан 400 масличность семян сорта *Гермес* увеличилась на 0,6 %, гибридов *Алмаз* и *Рубин* – соответственно на 0,5 и 0,8 %. Следует отметить, что применение гербицидов снижало содержание сырого протеина в семенах в среднем по всем генотипам на 0,9 %.

Применение регуляторов роста положительно сказывалось на масличности семян рапса ярового. В среднем за три года у сорта *Гермес*, гибридов *Алмаз* и *Рубин* наибольшим этот показатель был в варианте с применением фунгицида Прозаро (0,8 л/га) – соответственно 44,8; 44,8 и 44,7 %, минимальным – в варианте, где применялся Ретацел (0,8 л/га) + Нью Филм-17 (0,2 л/га) – 44,2; 44,3 и 44,3 % (таблица 5).

На всех изучаемых генотипах контроль (без обработки) по показателю масличности уступил вариантам, где применялись регуляторы роста в среднем на 1,0–1,4 абсолютных процента, но превысил их по содержанию протеина на 0,8–1,0 %.

Применение фунгицидов на посевах рапса ярового способствовало повышению содержания масла в семенах этой культуры. У сорта *Гермес* макси-

Таблица 5 – Влияние регуляторов роста на содержание сырого жира и протеина в маслосеменах рапса ярового, %

Вариант	Содержание жира				Содержание протеина			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Гермес								
Контроль (без обработки)	43,7	42,5	44,4	43,5	25,3	25,9	24,3	25,2
Карамба, 0,8 л/га	44,7	43,4	45,3	44,5	24,6	25,1	23,5	24,4
Прозаро, 0,7 л/га	44,9	43,8	45,7	44,8	24,3	24,9	23,2	24,1
Сетар, 0,5 л/га	44,2	43,4	45,3	44,3	24,0	25,4	23,7	24,4
Ретацел, 0,8 л/га + Нью Филм-17, 0,2 л/га	44,5	43,0	45,2	44,2	24,3	25,6	24,0	24,6
Фоликур БТ, 0,8 л/га	44,7	43,7	45,6	44,7	24,1	25,1	23,0	24,1
Среднее за год	44,5	43,3	45,3		24,4	25,3	23,6	
Алмаз F ₁								
Контроль (без обработки)	43,4	42,4	44,0	43,3	25,7	26,1	24,7	25,5
Карамба, 0,8 л/га	44,6	43,3	45,6	44,5	24,4	25,8	23,3	24,5
Прозаро, 0,7 л/га	44,9	43,5	45,9	44,8	24,4	25,6	23,1	24,4
Сетар, 0,5 л/га	44,8	43,6	45,2	44,5	24,2	25,6	24,0	24,6
Ретацел, 0,8 л/га + Нью Филм-17, 0,2 л/га	44,2	43,5	45,2	44,3	24,8	25,4	23,8	24,7
Фоликур БТ 0,8 л/га	44,9	43,2	45,5	44,5	24,0	25,8	23,6	24,5
Среднее за год	44,5	43,3	45,2		24,6	25,7	23,8	
Рубин F ₁								
Контроль (без обработки)	43,1	42,1	44,2	43,1	25,5	26,1	24,4	25,3
Карамба, 0,8 л/га	44,5	43,5	46,0	44,7	24,9	25,3	22,9	24,4
Прозаро, 0,7 л/га	45,0	43,7	45,4	44,7	24,2	25,0	23,5	24,2
Сетар, 0,5 л/га	44,7	43,2	45,1	44,3	24,5	25,7	23,8	24,7
Ретацел, 0,8 л/га + Нью Филм-17, 0,2 л/га	44,5	43,0	45,4	44,3	24,7	26,0	23,4	24,7
Фоликур БТ, 0,8 л/га	44,8	43,2	45,8	44,6	24,3	25,6	23,1	24,3
Среднее за год	44,1	43,1	45,3		24,7	25,6	23,5	

мальная масличность отмечена при применении препарата Прозаро (0,6 л/га) и составила в среднем за три года 44,7 %, что на 3,8 % в относительном выражении больше, чем в контрольном варианте. Тенденция роста масличности наблюдалась и по другим вариантам, превышение над контролем составило 0,8–1,4 % в абсолютном выражении. Применение фунгицидов Пиктор и Прозаро на гибридах *Алмаз* и *Рубин* обеспечило более высокую масличность по сравнению с контрольным вариантом в среднем на 1,4 абсолютных процентных пункта. Эффективность фунгицидов Колосаль Про и Карамба оказалась несколько ниже.

В среднем по всем генотипам содержание сырого протеина в семенах рапса ярового при применении препарата Колосаль Про практически не изменялась, тогда как по другим фунгицидам в среднем снижалась на 1,0 % (таблица 6).

Таблица 6 – Содержание сырого жира и протеина в семенах растений рапса ярового в зависимости от применяемых фунгицидов, %

Вариант	Содержание жира				Содержание протеина			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Гермес								
Контроль (без обработки)	43,2	41,8	44,1	43,0	24,6	26,5	24,9	25,3
Прозаро, 0,6 л/га	44,5	43,8	45,8	44,7	24,7	24,6	22,8	24,0
Пиктор, 0,4 л/га	44,3	43,7	45,2	44,4	25,0	24,7	23,1	24,3
Колосаль про, 0,5 л/га	44,4	42,1	45,0	43,8	25,5	25,8	24,8	25,4
Карамба, 0,8 л/га	44,7	42,6	45,5	44,3	24,1	25,1	23,4	24,2
Среднее за год	44,2	42,8	45,1		24,8	25,3	23,8	
Алмаз F ₁								
Контроль (без обработки)	43,3	42,1	43,5	43,0	25,4	26,0	25,9	25,8
Прозаро, 0,6 л/га	44,6	43,1	45,4	44,4	24,0	25,4	23,6	24,3
Пиктор, 0,4 л/га	44,2	42,9	46,2	44,4	24,7	25,7	23,6	24,7
Колосаль про, 0,5 л/га	44,1	42,3	44,8	43,7	24,4	25,6	24,8	24,9
Карамба, 0,8 л/га	44,7	42,3	45,1	44,0	24,1	26,3	24,0	24,8
Среднее за год	44,2	42,5	45,0		24,5	25,8	24,4	
Рубин F ₁								
Контроль (без обработки)	43	41,8	43,8	42,9	25,6	25,5	24,2	25,1
Прозаро, 0,6 л/га	44,6	43,7	45,3	44,5	24,1	25,1	23,2	24,1
Пиктор, 0,4 л/га	44,1	43,3	44,9	44,1	24,5	25,3	23,4	24,4
Колосаль про, 0,5 л/га	44,3	42,9	45,2	44,1	24,2	26,7	24,6	25,2
Карамба, 0,8 л/га	44,5	42,6	46,0	44,4	24,6	25,8	23,7	24,7
Среднее за год	44,1	42,9	45,0		24,6	25,7	23,8	

Содержание сырого жира и белка в маслосеменах в значительной степени варьировало в зависимости от метеорологических условий года. В среднем по всем генотипам в 2011 г. величина первого показателя была равна 44,2 %, второго – 24,6 %, в 2012 г. – соответственно 42,7 и 25,6% и в 2013 г. – 45,0 и 24,0 %.

Выводы

1. В условиях центральной части Беларуси общая тенденция накопления жира в маслосеменах сорта Гермес и гибридов Алмаз и Рубин выражается увеличением его содержания от первого ко второму сроку сева (44,8–45,2 %) с последующим снижением к четвертому сроку (43,3–43,9 %). Изменение нормы

высева гибридов и сорта рапса ярового от 1,0 до 2,5 млн всхожих семян не оказывает существенного влияния на содержание жира и белка в маслосеменах.

2. Применение гербицидов увеличивает содержание сырого жира у всех изучаемых генотипов в среднем на 0,8 %, фунгицидов – на 1,3 %, регуляторов роста – на 1,2 %, но снижает количество сырого протеина соответственно на 0,9; 0,8 и 0,9 % (в абсолютном выражении).

3. Погодные условия оказывают более сильное влияние на содержание сырого жира и белка в семенах рапса ярового, чем приемы агротехники.

Литература

1. Пиллюк, Я.Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пиллюк. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – С. 5.

2. Прахова, Т.Я. Динамика маслосемянообразования в семенах рапса / Т.Я. Прахова, В.А. Прахов // Научное обеспечение отрасли рапсосодействия и пути реализации биологического потенциала рапса : науч. докл. на между. координационном совещании по рапсу, Липецк, 12–15 июля 2010 г. / М-во сел. хоз-ва, Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т рапса ; [ред.: В.В. Карпачев, А.А. Обойчук]. – Липецк, 2010. – С. 96–99.

3. Физиология семян / К. Н. Данович [и др.] – М. : Наука, 1982. – 317 с.

4. Иванов, Н.Н. О химическом составе семян масличных растений географического посева / Н.Н. Иванов, М.Н. Лаврова, М.П. Гапачко // Труды прикладной ботаники, генетики и селекции. – Л., 1931. – Т. 25. – С. 3.

5. Гущина, В.А. Биохимические показатели качества маслосемян ярового рапса / В.А. Гущина, А.С. Лыкова // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием в рамках XIX Междунар. специализированной выст. «АгроКомплекс–2009», 3–5 марта 2009 г. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, М-во сел. хоз-ва Респ. Башкортостан, Башкир. гос. аграр. ун-т. – Уфа, 2009. – Ч. 2. – С. 122–125.

6. Brennan, R.F. Effect of nitrogen fertilizer on the concentrations of oil and protein in canola (*Brassica napus*) seed / R.F. Brennan, M.G. Mason // J. Plant Nutr. – 2000. – № 3. – P. 339–348.

CHANGES OF CRUDE FAT AND PROTEIN CONTENT IN OILSEEDS OF SPRING RAPESEED DEPENDING ON AGRICULTURAL TECHNIQUES

I.M. Naumovich

The article demonstrates the results of the research on the influence of sowing time, sowing rates, herbicides, fungicides and growth regulators on crude fat and protein content in oilseeds of the hybrids Almaz F₁ and Rubin F₁ and the variety Hermes of spring rapeseed.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И КОРРЕЛЯЦИИ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ В ЗЕЛеноЙ МАССЕ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ПАСТБИЩНЫХ ТРАВСТОЕВ

И.И. Берестов, доктор с.-х. наук, *Е.Л. Долгова*, канд. с.-х. наук,
В.Н. Безлюдный, канд. биол. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 27.03.2020)

Рецензент: Шлапунов В.Н., академик НАН Беларуси

Аннотация. В статье показано, что в зеленой массе бобово-злаковых пастбищных травостоев содержание сырого протеина изменяется значительно сильнее, чем содержание сырых веществ жира, клетчатки, золы и, особенно, БЭВ. Отмечено, что содержание обменной энергии в зеленой массе трав в зависимости от года возделывания изменяется незначительно и практически одинаковое. Предложена формула расчета содержания обменной энергии в зеленой массе пастбищных травостоев на корм крупного рогатого скота: $OЭкр, МДж/кг \text{ сухого вещества} = 11,8 - 0,095 СК$, в которой СК – массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %.

Введение. Как известно [1, 2], биохимический состав кормов является индикатором их питательной ценности и сбалансированности по питательным веществам. Ценность кормовых трав определяется содержанием в них сырых веществ протеина, жира, клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ), основных минеральных макро- и микроэлементов, витаминов, нитратов, нитритов.

Сырой протеин – важнейший показатель, характеризующий качество зеленого корма. В состав его входит 60–70 % белков и 30–40 % небелковых азотистых соединений, в том числе весь спектр незаменимых аминокислот, что позволяет обеспечить полноценное питание животных.

Кормовые травы бедны жирами (липидами), которые, однако, на 75–80 % состоят из ненасыщенных жирных кислот, которые не синтезируются в организме животного и поэтому крайне важны для нормального его функционирования.

Сырая клетчатка – основная часть оболочек растительных клеток, состоящая из целлюлозы и гемицеллюлоз. При переваривании пищи помогает разрыхлять корм, что делает его более доступным пищеварительным жидкостям. Переваривается клетчатка хуже других питательных веществ и поэтому с увеличением ее количества в корме питательность последнего снижается.

Группа безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) состоит из легкопереваримых углеводов – крахмала, простых сахаров, органических кислот.

Содержание биогенных соединений в кормовых травах сильно изменчиво. Большое влияние на него оказывают почвенные и климатические условия, вид

и сорт растений, агротехника возделывания, применение удобрений, фаза вегетации при уборке, сроки, способы уборки и другие факторы [2–6].

Одним из основных факторов, определяющих уровень продуктивности животных, является обеспеченность кормов обменной энергией [7, 8]. Определяется она как прямым методом в обменных (балансовых) опытах с животными, так и косвенными методами без их участия (по переваримым или сырым питательным веществам). В настоящее время предложены метод определения обменной энергии в кормах по содержанию сырых питательных веществ (протеина, жира, клетчатки, БЭВ) [9] или одной клетчатки [10].

Целью наших исследований было изучение изменчивости содержания сырых питательных веществ протеина, жира, клетчатки, золы, БЭВ и обменной энергии в зеленой массе бобово-злаковых пастбищных травостоев, а также тесноты и характера связи отмеченных показателей между собой при выращивании трав в разные годы.

Методика и объекты исследований. Исследования выполнены в 2017–2019 гг. на материале, полученном в полевых опытах РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Бобово-злаковые многолетние травы возделывались на дерново-подзолистой супесчаной средне окультуренной почве. Пробы растений для анализов отбирались в травостоях, различающихся по ботаническому составу, величине урожайности, циклу стравливания. Всего использовано 110 образцов, в том числе в 2017 г. – 50, в 2018 г. – 30 и в 2019 г. – 30.

Массовую долю в сухом веществе трав сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и сырой золы определяли на анализаторе NIRS 5000 с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области [11]. Содержание БЭВ в процентах рассчитывали путем вычитания из 100 суммарного процентного содержания сырых веществ протеина, жира, клетчатки и золы.

Содержание обменной энергии в зеленой массе трав при использовании на корм крупного рогатого скота определяли по формуле:

$$OЭ_{крс} = 0,0166 \times СП + 0,0172 \times СЖ + 0,00286 \times СК + 0,01159 \times СБЭВ,$$

в которой $OЭ_{крс}$ – обменная энергия, МДж в 1 кг сухого корма, СП, СЖ, СК, СБЭВ – сырые питательные вещества протеина, жира, клетчатки, БЭВ в сухом веществе г/кг [9] и по формуле:

$$OЭ_{крс} = 15,0 - 0,18 \times СК,$$

в которой СК – массовая доля клетчатки в сухом веществе, % [10].

Способ определения обменной энергии по сырым веществам протеина, жира, клетчатки и БЭВ использовался в качестве основного (контрольного), так как по оценкам разработчиков [9], «показывает близкую идентичность, а во многих случаях полное совпадение с данными расчета по переваримым питательным веществам».

Погодные условия в годы возделывания многолетних трав складывались по-разному. По данным метеостанции г. Борисов, наиболее благоприятными они были в 2017 г. и 2019 г., когда гидротермический коэффициент (ГТК) за период май-сентябрь составлял 1,55-1,57 при норме 1,61. В 2018 г. выпадение осадков было недостаточным (78-85% нормы), ГТК был равен 1,11.

Статистическая обработка результатов исследования проведена по Б.А. Доспехову [12] с использованием MS Excel 2010.

Результаты исследований и их обсуждение. Как видно из таблицы 1, биохимический состав зеленой массы пастбищных травостоев в годы исследований значительно изменялся. Максимальные значения показателей превышали минимальные по сырому протеину в 2,1–2,5 раза, сырому жиру – в 1,6–1,8; сырой клетчатке – в 1,8–1,9; сырой золе – в 1,8 и БЭВ – в 1,3–1,5 раза. Среднее за 2017–2019 гг. содержание сырых веществ было: протеина – 17,87%, жира – 4,38, клетчатки – 22,45, золы – 9,37, БЭВ – 45,93 %.

Различия между годами по среднему значению биохимических показателей чаще всего были несущественными. Можно отметить лишь статистически значимое более низкое в сравнении с другими годами содержание сырой клет-

Таблица 1 – Вариация биохимического состава зеленой массы пастбищных бобово-злаковых травостоев в годы исследований

Год	Диапазон вариации	Среднее значение	Стандартное отклонение	Доверительные интервалы среднего значения	Коэффициент вариации, %
Сырой протеин*					
2017	10,38-26,44	18,78	4,34	17,55-20,01	23,1
2018	9,88-24,25	17,26	3,33	16,01-18,51	19,3
2019	12,38-26,25	17,56	3,98	16,07-19,05	22,7
Сырой жир*					
2017	3,13-5,56	4,56	0,62	4,38-4,74	13,6
2018	3,14-4,94	4,23	0,42	4,07-4,39	9,9
2019	3,13-5,26	4,36	0,52	4,17-4,55	11,9
Сырая клетчатка*					
2017	15,77-28,24	20,54	2,66	19,78-21,30	13,0
2018	15,94-30,98	22,97	3,47	21,67-24,27	15,1
2019	14,67-28,12	23,84	2,78	22,80-24,88	11,7
Сырая зола*					
2017	6,76-12,45	10,00	1,46	9,58-10,42	14,6
2018	6,83-12,50	9,81	1,42	9,28-10,34	14,5
2019	6,08-10,76	8,29	0,89	7,96-8,62	10,7
БЭВ*					
2017	40,06-57,31	46,11	4,27	44,90-47,32	9,3
2018	38,41-51,02	45,73	2,75	44,70-46,76	6,0
2019	37,40-55,06	45,95	3,70	44,57-47,33	8,0

*% в абсолютно сухом веществе

чатки в 2017 г. (20,54 %) и сырой золы в 2019 г. (8,29 %), а также тенденцию снижения содержания сырых веществ протеина и жира в засушливом 2018 г.

Изменчивость содержания протеина в травах в годы исследований в основном была значительной, сырых веществ жира, клетчатки и золы – средней, БЭВ – незначительной. Коэффициенты вариации в среднем за 2017–2019 гг. были равны соответственно 21,7; 11,8; 13,3; 13,3 и 7,8 %.

Корреляция между биохимическими показателями трав имела линейный характер. Содержание сырого протеина положительно и чаще всего сильно было сопряжено с содержанием сырой золы, отрицательно и сильно – с содержанием БЭВ и клетчатки (таблица 2). С содержанием жира корреляция протеина была положительная, но в основном средняя.

Таблица 2 – Коэффициенты линейной корреляции между биохимическими показателями зеленой массы бобово-злаковых пастбищных травостоев

Пары показателей	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Протеин – жир	0,91***	0,35	0,56**
Протеин – клетчатка	-0,84***	-0,75***	-0,58**
Протеин – зола	0,97***	0,82***	0,68***
Протеин – БЭВ	-0,96***	-0,73***	-0,80***
Жир – клетчатка	-0,83***	-0,35	-0,45**
Жир – зола	0,90***	0,18	0,56**
Жир – БЭВ	-0,86***	-0,22	-0,48**
Клетчатка – зола	-0,89***	-0,84***	-0,49**
Клетчатка – БЭВ	0,66***	0,12	0,05
Зола – БЭВ	-0,91***	-0,48**	-0,62***

Примечание. Уровень значимости: ** 0,01; *** 0,001.

В паре показателей «жир – клетчатка», «жир – БЭВ» корреляционная связь между признаками по характеру была обратная, а по тесноте – в основном средняя. Обратная корреляция была характерна также для пар «клетчатка – зола» ($r=-0,49\dots-0,89$) и «зола – БЭВ» ($r=-0,48\dots-0,91$). Клетчатка положительно коррелировала с содержанием БЭВ, однако теснота связи между отмеченными показателями чаще всего была слабая ($r=0,05\dots0,12$).

Содержание обменной энергии в зеленой массе трав, рассчитанное по сырым веществам протеина, жира, клетчатки и БЭВ [9], в годы исследований изменялось в пределах 8,76–10,62 МДж/кг сухого вещества (таблица 3). Среднее значение этого показателя за 2017–2019 гг. было равно 9,68 МДж/кг сухого вещества, различия между средней величиной обменной энергии в отдельные годы не были статистически значимыми. Коэффициент вариации (3,0–3,4 %) характеризовал изменчивость обменной энергии как незначительную.

Основное количество обменной энергии (54,3–55,1 % от общего содержания в корме) аккумулировалось в БЭВ. Далее в порядке убывания следовали сырой протеин (30,0–31,7 %), сырой жир (7,6–8,0 %) и сырая клетчатка (6,0–7,0 %).

Таблица 3 – Вариация содержания обменной энергии в зеленой массе бобово-злаковых пастбищных травостоев

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Обменная энергия, МДж /кг сухого вещества			
Диапазон варьирования	9,51-10,44	8,76-10,13	9,09-10,62
Среднее значение	9,83	9,55	9,67
Стандартное отклонение	0,30	0,32	0,33
Доверительные интервалы среднего значения	9,75-9,91	9,43-9,67	9,55-9,79
Коэффициент вариации, %	3,0	3,4	3,4
Среднее содержание в источниках энергии, МДж кг / сухого вещества			
Сырой протеин	3,12	2,86	2,91
Сырой жир	0,78	0,73	0,75
Сырая клетчатка	0,59	0,66	0,68
БЭВ	5,34	5,30	5,33
Доля в суммарном содержании энергии, %			
Сырой протеин	31,7	30,0	30,1
Сырой жир	8,0	7,6	7,8
Сырая клетчатка	6,0	6,9	7,0
БЭВ	54,3	55,5	55,1

Во все годы исследований содержание обменной энергии в травах было положительно сопряжено с содержанием сырого протеина ($r=0,80\dots0,93$), сырого жира ($r=0,50\dots0,90$) и сырой золы ($r=0,46\dots0,93$) (таблица 4). С содержанием БЭВ связь была отрицательная и неустойчивая ($r=-0,28\dots-0,79$), с содержанием сырой клетчатки – сильная и отрицательная ($r=-0,92\dots-0,97$).

Таблица 4 – Связь обменной энергии с биохимическими показателями зеленой массы бобово-злаковых пастбищных травостоев

Год	Коэффициент корреляции обменной энергии с показателями				
	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырая зола	БЭВ
2017	0,93***	0,90***	-0,97***	0,93***	-0,79***
2018	0,84***	0,50**	-0,94***	0,72***	-0,28
2019	0,80***	0,55**	-0,92***	0,46*	-0,28

Примечание: уровень значимости: * 0,05; ** 0,01; *** 0,001.

Анализ уравнений регрессии, описывающих зависимость содержания обменной энергии от содержания сырой клетчатки (таблица 5), не выявил существенных различий между величинами коэффициентов регрессии, полученным в 2017–2019 гг., что явилось основанием для объединения данных трех лет в одну общую выборку.

В результате корреляционного и регрессионного анализов этой выборки (рисунок) получено уравнение регрессии: $y = 11,8 - 0,095x$, в котором y – об-

Таблица 5 – Зависимость между содержанием обменной энергии (y, МДж/кг сухого вещества) и содержанием сырой клетчатки (x, % в сухом веществе) в зеленой массе пастбищных травостоев на корм крупного рогатого скота

Год	Уравнение регрессии	R ²	Ошибка коэффициента регрессии	Доверительные интервалы коэффициента регрессии*
2017	$y = -0,1105x + 12,108$	0,9468	0,0039	0,1001-0,1209
2018	$y = -0,0862x + 11,529$	0,8832	0,0059	0,0699-0,1025
2019	$y = -0,1112x + 12,323$	0,8476	0,0090	0,0864-0,136

*при уровне значимости 0,01.

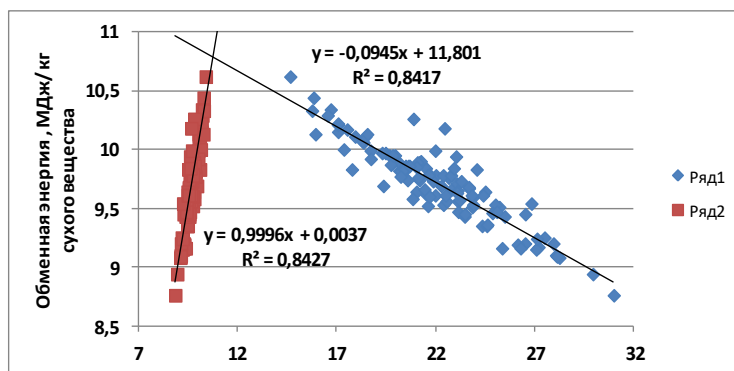


Рисунок – Корреляция содержания обменной энергии (y), рассчитанная по сырым веществам протеина, жира, клетчатки, БЭВ [9], с содержанием сырой клетчатки в зеленой массе (x, % в сухом веществе) (ряд 1) и с содержанием обменной энергии, рассчитанной по уравнению регрессии : $y = 11,8 - 0,095x$ (ряд 2) (2017–2019 гг., n=110).

менная энергия (ОЭ), МДж/кг сухого вещества, x – массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе (СК),%; 11,8 и 0,095 – постоянные коэффициенты.

Сравнительный анализ данных, полученных по сырым веществам протеина, жира, клетчатки, БЭВ [9] и по уравнению регрессии $ОЭ_{крс} = 11,8 - 0,095 \times СК$, выявил высокую степень соответствия результатов. Коэффициент корреляции между данными был равен 0,92.

Подобный результат получен и на выборке, состоящей из контрольных образцов, не использованных при разработке уравнения регрессии (таблица 6). Сравнение данных содержания обменной энергии, рассчитанное по формуле регрессионного анализа $ОЭ_{крс} = 11,8 - 0,095 \times СК$ и по сырым веществам протеина, жира, клетчатки и БЭВ, показало близкую идентичность, а в ряде случаев практически одинаковые результаты.

Способ определения содержания обменной энергии в зеленой массе трав по формуле $ОЭ_{крс} = 15,0 - 0,18 \times СК$ давал более высокие результаты (в среднем

на 14,4%), чем способ определения по сырым питательным веществам протеина, жира, клетчатки и БЭВ.

Таблица 6 – Содержание обменной энергии в зеленой массе пастбищных бобово-злаковых травостоев при разных способах ее определения (контрольные образцы)

Об-разец	Содержание сырых веществ в сухом веществе, %				Обменная энергия, МДж/кг сухого вещества			Отклонение от способа 1, ± %	
					Способ определения*				
	протеин	жир	клетчатка	БЭВ	1	2	3	2	3
1	20,56	3,54	21,20	44,24	9,76	9,79	11,18	+0,3	+14,5
2	15,62	3,94	17,86	53,34	9,96	10,10	11,78	+1,4	+18,3
3	13,38	4,13	18,63	55,25	9,87	10,03	11,65	+1,6	+18,0
4	22,06	5,34	19,79	42,13	10,03	9,92	11,44	-1,1	+14,1
5	13,25	3,40	23,42	52,39	9,53	9,58	10,78	+0,5	+13,1
6	18,49	4,58	19,60	48,69	10,06	9,94	11,47	-1,2	+14,0
7	20,75	4,81	23,84	40,44	9,64	9,54	10,71	-1,0	+11,1
8	21,31	5,61	18,96	43,22	10,05	10,00	11,59	-0,5	+15,3
9	17,88	4,95	22,96	46,33	9,85	9,62	10,87	-2,4	+10,4
10	14,19	4,63	21,00	51,58	9,73	9,80	11,22	+0,3	+15,3
Среднее					9,85	9,83	11,27	-0,2	+14,4

*1 – по сырым веществам протеина, жира, клетчатки и БЭВ [9];

2 – по формуле $OЭ_{крс} = 11,8 - 0,095 \times СК$;

3 – по формуле $OЭ_{крс} = 15,0 - 0,18 \times СК$ [10].

Выводы

1. Изменчивость содержания сырого протеина в зеленой массе бобово-злаковых пастбищных травостоев в основном значительная, сырых веществ жира, клетчатки и золы – средняя, БЭВ – незначительная. Средние коэффициенты вариации в 2017–2019 гг. равны соответственно 21,7; 11,8; 13,3; 13,3 и 7,8 %. Биохимический состав трав в зависимости от года выращивания изменяется слабо.

2. Содержание сырого протеина в зеленой массе трав в основном сильно и положительно сопряжено с содержанием сырой золы, сильно и отрицательно – с содержанием БЭВ и сырой клетчатки. С содержанием сырого жира корреляция сырого протеина положительная, но чаще всего средняя.

3. Содержание обменной энергии в зеленой массе трав в разные годы выращивания изменяется незначительно (коэффициент вариации 3,0–3,4 %) и практически одинаковое (в среднем 9,55–9,83 МДж/кг сухого вещества).

4. Основное количество обменной энергии содержится в БЭВ (в среднем 55,0 % от общего количества в корме). Далее в порядке убывания следуют сырой протеин (30,6 %), сырой жир (7,8 %) и сырая клетчатка (6,6 %).

5. Содержание обменной энергии в травах наиболее сильно сопряжено с содержанием сырой клетчатки и сырого протеина. При этом с содержанием

клетчатки связь отрицательная ($r = -0,92 \dots -0,97$), с содержанием протеина – положительная ($r = 0,80 \dots 0,93$).

6. Расчет обменной энергии в зеленой массе пастбищных трав по формуле ОЭкрс, МДж/кг сухого вещества $= 11,8 - 0,095СК$, в которой СК – массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %, дает практически такие же результаты, как и расчет по сырым веществам протеина, жира, клетчатки и БЭВ.

Литература

1. Романенко, Г.А. Корма: научное издание / Г.А.Романенко, А.И.Тютюнников // Москва: Россельхозакадемия, 1997. – 480 с.

2. Шелюто, А.А. Кормопроизводство: учебник для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / А.А. Шелюто [и др.]; под ред. А.А. Шелюто. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 472 с.

3. Смирнова, В.В. Динамика биохимического состава многолетнего бобово-злакового травостоя / В.В.Смирнова, А.Н.Панкрушина // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». – Вып. 18. – 2010. – С. 54–59.

4. Шлапунов, В.Н. Зависимость питательной ценности люцерны посевной от нормы высева и срока уборки / В.Н. Шлапунов [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2019. – Вып. 55 – С. 174–182.

5. Дайнеко, Н.М. Биохимический состав травяных кормов пойменных лугов бассейна р. Сож, приграничных с Брянской областью / Н.М.Дайнеко [и др.] // Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скарины. – 2019. – №3(114). – С. 17–23.

6. Сорока, А.В. Продуктивность и питательная ценность пастбищных бобово-злаковых травостоев на торфяно-минеральной почве / А.В.Сорока, Н.Н. Костюченко // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2018. – Вып. 54 – С. 204–209.

7. Мамаев, А.В. Влияние концентрации обменной энергии в сухом веществе рационов на продуктивность и обмен веществ растущих откармливаемых свиней мясного типа: автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Дубровицы, 1988. – 25 с.

8. Азаубаева, Г.С. Влияние уровня обменной энергии в рационах на молочную продуктивность и резистентность голштинизированных коров: дис. канд. с.-х. наук. – Курган, 2002. – 170 с.

9. Методика расчета обменной энергии в кормах на основе сырых питательных веществ / М.П.Кирилов [и др.]; Россельхозакадемия, Всероссийский НИИ животноводства. – Дубровицы, 2008. – 30 с.

10. ГОСТ 27978-88 Корма зеленые. Технические условия.

11. Крищенко, В.П. Близкая инфракрасная спектроскопия / В.П. Крищенко – М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. – 640 с.

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

VARIABILITY AND CORRELATION OF BIOCHEMICAL INDICATORS AND THE METABOLIC ENERGY CONTENT IN GREEN MASS OF LEGUME-GRASS PASTURE SWARDS

I.I. Berestov, E.L. Dolgova, V.N. Bezliudny

The paper shows that the crude protein content in legume-grass pasture swards varies far more than the content of crude fat, fibre, ash, and especially nitrogen-free

extractive substances. It is indicated that the metabolic energy content in green mass of grasses varies slightly and is practically the same depending on a year of cultivation. The formula of calculation of the metabolic energy content in green mass is proposed: ME, Megajoule/kg of dry matter = 11.8 - 0.095 CF, where CF – weight ratio of crude fibre in dry matter (%).

УДК 633.39:631.5:631.8

РОСТ ЛИСТЬЕВ, УРОЖАЙНОСТЬ И СТРУКТУРА ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СИЛЬФИИ ПРОЗЕННОЛИСТНОЙ НА ТРЕТИЙ ГОД ЖИЗНИ ПОСЕВОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ, МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

В.А. Емелин, кандидат с.-х. наук, **Б.В. Шелюто***, доктор с.-х. наук
УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины»
*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
(Поступила в редакцию 10.04.2020)

Рецензент: Клыга Е.Р., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В благоприятный по метеорологическим условиям год сільфія может использоваться как культура, обеспечивающая поступление зеленой массы летом и осенью, гарантируя и продлевая периоды получения зеленого корма и сырья для заготовки силоса с 7 июня по 22 сентября. Наиболее высокую (747,3 ц/га) урожайность зеленой массы получили в фазу цветения сільфіи на варианте $N_{120}P_{90}K_{120}$ кг/га д.в. + доломитовая мука 3,5 т/га. Положительное последствие навоза (вариант - навоз 40 т/га + доломитовая мука 3,5 т/га) проявилось на посевах третьего года (2016) жизни сільфіи с урожайностью 524,1 ц/га зеленой массы в фазу цветения растений.

Введение. В настоящее время развитие животноводческой отрасли Республики Беларусь идет по пути укрупнения сельскохозяйственных предприятий и обеспечения высоких темпов роста объемов сельскохозяйственной продукции [1]. Сельскохозяйственные предприятия Витебской области, занятые производством молока и мяса, основную часть продукции получают в летний период при конвейерном производстве кормов. Сложившиеся схемы конвейеров из традиционных кормовых культур могут совершенствоваться путем подбора новых видов растений, сортов и гибридов культур в зависимости от экологической зоны и почвенно-климатических условий. Сільфія может возделываться на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве как культура с высокой урожайностью и большим периодом использования зеленой массы на кормовые цели, а также может использоваться в сырьевом конвейере для приготовления различных видов кормов [2]. В июне травостой можно использовать для подкормки животных зеленой массой, а в конце июля до окончания вегетации – для приготовления силоса [3]. Оптимальная срок уборки сільфіи на силос в первом укосе фаза массового цветения растений, а на зеленый корм – фаза бутонизации [4].

Сильфия хорошо отзывается на удобрения, дозы (60–150 кг/га д.в. азота, фосфора и калия) которых зависят от почвенно-климатических условий и наличия элементов питания в почве. Исследования В.С. Павлова и др. по изучению различных доз NPK в Витебской области выявили высокую продуктивность сильфии на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах. Для обеспечения продуктивного долголетия сильфии необходимо периодическое внесение фосфорных и калийных удобрений при ежегодном ранневесеннем внесении азотных удобрений. Эффективно применение минеральных и органических удобрений в качестве подкормок. Навоз вносят из расчета 15–20 тонн на гектар под культивацию [5–17].

Сильфия – это многолетняя культура с высокой продуктивностью и ценной по питательности зеленой массой. Малоизученными остаются рост, фазы развития растений, календарные даты наступления фаз вегетации, оптимальный период времени уборки сильфии при производстве зеленой массы в зеленом и сырьевом конвейерах. Не проводились исследования по изучению густоты посевов и развития побегов в условиях длительного возделывания культуры, урожайности зеленой массы в зависимости от подкормок удобрениями и их последствие.

Материалы и методика. Исследования по изучению приемов возделывания сильфии пронзеннолистной на кормовые цели проводились на посевах третьего года жизни растений в полевых опытах, которые закладывали в 2014 г. в почвенно-климатических условиях Витебской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная (рН – 5,25 (кислая), содержание в почве подвижных форм, мг/кг: фосфора – 150 (среднее), калия – 90 (низкое), кальция – 949 (среднее), магния – 293 (повышенное), меди – 2,00 (среднее), цинка – 3,10 (среднее), бора – 0,32 (среднее). Содержание в почве органического вещества – 2,60% (повышенное).

Задача исследований – изучить влияние фаз развития растений и удобрений на рост, развитие и урожайность зеленой массы сильфии пронзеннолистной. Объекты исследований – сильфия пронзеннолистная (*Silfium perfoliatum* L.) и приемы возделывания. Сорт сильфии пронзеннолистной *Первый Белорусский* прошел Государственное испытание, допущен для производства и занесен в Государственный реестр сортов Республики Беларусь по Брестской области. Планируется испытание и занесение его в Реестр по Витебской области.

Погодные условия 2016 г. в период проведения исследований (апрель-сентябрь) характеризовались колебаниями и более высокой температурой воздуха относительно среднеголетних значений, среднесуточная температура воздуха составила 15,31 °С (средняя многолетняя 13,12 °С). Количество атмосферных осадков выпало 407 мм, что примерно соответствовало норме (410 мм).

Отклонением от среднеголетних показателей в большей степени избытком выпадения осадков характеризовался период времени, когда формировалась зеленая масса сильфии первого укоса. Фаза отрастания растений была отмечена 6 апреля, фаза цветения корзинок 1-го порядка дихазия 25 июля. За это время (апрель-июль) выпало 305 мм атмосферных осадков, что на 35 мм

выше среднесуточного показателя (270 мм), среднесуточная температура воздуха составила 15,2 °С (средняя многолетняя 12,84 °С) и также была выше нормы. Период вегетации от начала отрастания растений до фазы цветения корзинок 1-го порядка дихазия или наступления укосной спелости культуры для уборки сивльфии на силос составил 111 дней. В целом, метеорологические условия были оптимальными для роста и развития растений, что позволило изучить влияние фаз развития растений и удобрений на урожайность сивльфии и сделать обоснованные выводы.

Предшественник – злаковая культура. Предпосевную обработку почвы, посев и уход за посевами сивльфии проводили в соответствии с требованиями рекомендаций по возделыванию многолетних трав и пропашных кормовых культур. Биометрические измерения, густоту посева, структуру урожая и биологическую урожайность зеленой массы учитывали с побегов каждого куста делянки. Учет урожайности зеленой массы провели 25 июля 2016 г. в фазу цветения корзинок 1-го порядка дихазия. Учетная площадь делянки 20 м². Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое [18].

Закладку полевого опыта и посадку проводили рассадой однолетних растений с почками возобновления в фазе 4-6 листьев в прикорневой розетке. Густота посева изначально формировалась весной в 2014 г. посадкой растений широкорядным способом по схеме размещения 70x70 см. На фоне густоты 20408 растений/га изучались подкормки минеральными и органическими удобрениями, варианты которых представлены в таблицах. Удобрения вносили методом разбрасывания весной в фазу начала отрастания растений под междурядную обработку. Органические удобрения использовали в форме полужидкого навоза крупного рогатого скота, минеральные в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия.

В последующие годы густота формировалась за счет образования и развития почек возобновления и побегов (стеблей) в кусте.

Схема опыта: удобрения (фактор А) 1. Контроль (без удобрений); 2. Доломитовая мука, 3,5 т/га; 3. N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ + доломитовая мука, 3,5 т/га; 4. Навоз, 40 т/га + доломитовая мука, 3,5 т/га и фазы развития растений (фактор В): 1. Стебление; 2. Бутонизация; 3. Начало цветения растений (цветение корзинок 1-го порядка дихазия); 4. Цветение (цветение корзинок 2-3-го порядка дихазия); 5. Окончание цветения растений (цветение корзинок 4-5-го порядка дихазия). Статистическая обработка урожайных данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Результаты и их обсуждение. Структура урожая и облиственность растений является косвенной оценкой питательности зеленой массы и качества корма. Наибольшее влияние на структуру урожая сивльфии оказали фазы развития растений, от которых зависело формирование хозяйственно ценной части урожая – листьев (таблица 1).

Установлено, что облиственность растений была лучше в фазу стеблевания, где доля листьев была от 39,1 до 49,1 % и бутонизации растений – 45,2–45,8 %. В вариантах без удобрений и с доломитовой мукой доля листьев была наиболее высокой.

Таблица 1 – Структура урожая зеленой массы сельфии в зависимости от фаз развития растений и удобрений, %

Структурные части зеленой массы	Контроль (без удобрений)	Доломитовая мука, 3,5 т/га	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + доломитовая мука, 3,5 т/га	Навоз, 40 т/га + доломитовая мука, 3,5 т/га
Стеблевание				
Листья	39,1	49,1	42,3	46,7
Стебли	60,9	50,9	57,7	53,3
Бутонизация				
Листья	45,6	45,8	45,2	43,4
Стебли	53,5	53,9	53,5	56,0
Корзинки	0,9	0,3	1,3	0,6
Начало цветения				
Листья	45,8	44,3	36,2	36,2
Стебли	52,0	52,8	59,5	58,2
Корзинки	2,2	2,9	4,3	5,6
Цветение				
Листья	34,7	32,7	28,5	33,0
Стебли	58,7	57,7	61,7	60,1
Корзинки	6,6	9,6	9,8	6,9
Окончание цветения				
Листья	33,9	31,7	28,1	29,7
Стебли	59,3	59,6	61,2	61,9
Корзинки	6,8	8,7	10,7	8,4

В вариантах, где проводилась подкормка НРК и навозом, начиная от фазы начала цветения растений и последующие фазы развития формирование стеблей и соцветий увеличивалось, а доля листьев в структуре зеленой массы снижалась. Наибольшее снижение (до 28,1 %) произошло при внесении минеральных удобрений, при увеличении доли стеблей до 61,2 % и корзинок до 10,7 %. По сумме образования листьев и корзинок получили 38,8 %.

Длина и ширина листовых пластинок зависела от вносимых удобрений (таблица 2). Максимальная их величина была в фазу стеблевания растений по всем вариантам опыта.

В начале цветения растений при внесении минеральных (N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ + доломитовая мука, 3,5 т/га) длина составила 28,9 см, ширина – 17,4 см и органических удобрений (навоз, 40 т/га + доломитовая мука, 3,5 т/га) – длина и ширина 24,2 x 17,7 см.

В контроле (без удобрений) и варианте, где вносили только доломитовую муку (3,5 т/га) параметры листовых пластинок были меньше.

Удобрения (НРК и навоз) на третий год жизни растений увеличили густоту посевов до 212,2 и 193,9 тыс. шт./га с количеством побегов в кусте 10,4 и 9,5 штук соответственно. В контроле густота была меньше (163,3 тыс.шт./га и 8,0 штук/куст). Сельфия характеризуется хорошей побегообразующей способностью и облиственностью растений, однако интенсивное образование побегов

Таблица 2 – Рост листьев в зависимости от фаз развития растений и удобрений, см (максимальные показатели)

Параметры листовой пластинки	Контроль (без удобрений)	Доломитовая мука, 3,5 т/га	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + доломитовая мука, 3,5 т/га	Навоз, 40 т/га + доломитовая мука, 3,5 т/га
Стеблевание				
Длина	22,4	23,2	31,0	20,5
Ширина	14,0	13,1	18,6	12,9
Бутонизация				
Длина	18,5	20,5	28,7	23,2
Ширина	12,0	13,8	16,8	14,0
Начало цветения				
Длина	19,2	20,5	28,9	24,2
Ширина	11,8	12,7	17,3	17,7
Цветение				
Длина	19,0	20,6	27,6	23,4
Ширина	11,4	13,2	17,6	14,2
Окончание цветения				
Длина	20,1	21,4	27,5	25,1
Ширина	12,3	13,5	18,0	16,7

ведет к уменьшению доли листьев в урожае. Влияния доломитовой муки на образование побегов сальфии не выявлено.

В 2016 г. фазы развития сальфии были отмечены календарными датами: начало отращивания растений – 6 апреля, стеблевание – 7 июня, бутонизация – 4 июля, начало цветения растений – 26 июля (цветение корзинок 1-го порядка дихазия), цветение – 21 августа (цветение корзинок 2-3-го порядка дихазия), фаза конец цветения растений – 22 сентября (цветение корзинок 4-5-го порядка дихазия), 3 сентября отмечена фаза начала формирования семян в корзинках 1-го порядка дихазия. В случае поздней уборки на силос сальфия может использоваться как высокоурожайная культура и одновременно как медоносное растение во второй половине лета и начале осени. Межфазный период от начала цветения растений (26 июля цветение корзинок 1-го порядка дихазия) и до фазы окончания цветения (22 сентября цветение корзинок 4-5-го порядка) для опыления пчелами цветков составил 59 дней.

В таблице 3 показана урожайность зеленой массы сальфии в фазе цветения посевов 1-го, 2-го и 3-го года жизни растений. Установлено что создание многолетних плантаций сальфии рассадой однолетних растений обеспечивает получение урожая в первый год и высокую урожайность в последующие годы. В 1-й год (2014) вегетации сальфии наибольшая урожайность зеленой массы (186,5–194,8 ц/га) получена на удобренных вариантах. В контроле без удобрений урожайность была ниже (96,0 ц/га). Такая же закономерность складывалась и на 2-й год (2015) жизни растений. Однако в этот год урожайность зеленой массы увеличилась на фоне удобрений (262,0–298,4 ц/га) в 1,4–1,6 раза.

Таблица 3 – Урожайность зеленой массы сильфии в зависимости от фаз развития растений и удобрений, ц/га

Фаза развития растений	Контроль (без удобрений)	Доломитовая мука, 3,5 т/га	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + доломитовая мука, 3,5 т/га	Навоз, 40 т/га + доломитовая мука, 3,5 т/га
1-й год жизни растений (2014)				
Цветение	96,0	116,7	186,5	194,8
2-й год жизни растений (2015)				
Цветение	116,1	125,9	298,4	262,0
3-й год жизни растений (2016)				
Стебление	130,6	129,8	265,3	153,1
Бутонизация	171,8	162,2	446,9	326,9
Начало цветения	177,3	173,1	721,7	452,8
Цветение	175,5	201,4	747,3	524,1
Окончание цветения	155,1	189,0	599,1	421,5

НСР₀₅ – 10,89 ц/га, удобрения (А) – 4,86 ц/га, фаза развития растений (В) – 5,45 ц/га

На третий год (2016) жизни растений урожайность первого укоса сильфии зависела от фазы развития растений, минеральных и органических удобрений. Установлено, что наиболее высокая урожайность (721,7 и 747,3 ц/га) зеленой массы получена, когда растения находились в фазах начала цветения и цветения растений при подкормке удобрениями (N₁₂₀P₉₀K₁₂₀ + доломитовая мука, 3,5 т/га). Урожайность была выше контроля (175,5 ц/га) в 4,1–4,3 раза, прибавка зеленой массы составила 544,4 и 571,8 ц/га. Урожайность уменьшилась до 599,1 ц/га зеленой массы в конце фазы цветения растений. Снижение урожайности связано с усыханием на побегах нижних листьев и уменьшением влажности биомассы.

Внесение органических удобрений (навоз, 40 т/га + доломитовая мука, 3,5 т/га) в запас провели весной в 2014 г. под междурядную обработку сильфии. В результате исследований было выявлено положительное влияние последствие навоза на урожайность посевов третьего года (2016) жизни. Высокую урожайность (524,1 ц/га зеленой массы) сильфии получили в фазу цветения растений. Положительное влияние доломитовой муки на урожайность сильфии проявилось в фазе цветения растений.

Выводы

1. Сильфия пронзеннолистная на дерново-подзолистых супесчаных почвах Витебской области хорошо отзывается на подкормку минеральными и органическими удобрениями. Удобрения положительно влияли на рост растений и образование побегов, величину листовых пластинок и их количество, формирование корзинок. Максимальная величина листьев была в период фаз стеблевания – начала цветения растений, количество листьев было больше в период фазы цветения растений. Облиственность растений была лучше в фазу стебле-

вания, где доля листьев была от 39,1 до 49,1 % и бутонизации растений – 45,2-45,8%. Наибольшее снижение (28,1–33,9 %) доли листьев в урожае произошло в фазу окончания цветения растений.

2. Высокую урожайность получили в период фаз цветения растений при уборке силфий на силос. В фазе начала цветения растений (цветения корзинок 1-го порядка дихазия) и в середине цветения (цветение корзинок 2-3 порядков) при подкормке удобрениями ($N_{120}P_{90}K_{120}$ + доломитовая мука, 3,5 т/га в запас) получили 721,7 и 747,3 ц/га зеленой массы. Поздняя уборка (в фазу цветения корзинок 4-5 порядков) культуры снизила урожайность до 599,1 ц/га.

3. При проведении первого укоса на зеленый корм в фазах стеблевания и бутонизации растений урожайность составила 265,3 и 446,9 ц/га. Установлено положительное последствие навоза на урожайность посевов силфий третьего год жизни. Органические удобрения (навоз, 40 т/га + доломитовая мука, 3,5 т/га), внесенные в запас, формировали в фазе цветения растений 524,1 ц/га зеленой массы.

4. При создании кормовых посевов силфий целесообразно применять вегетативный способ размножения. Посадка рассадой однолетних растений по запланированной схеме имеет перспективу изначально формировать оптимальную густоту посева и имеет преимущество перед семенным способом размножения. Такой способ размножения облегчает уход и борьбу с сорняками, обеспечивает получение урожая в первый год (186,5–194,8 ц/га) и высокую урожайность на третий год (524,1–747,3 ц/га) жизни растений.

Литература

1. Мисуно, И. Молочный подкомплекс Республики Беларусь: состояние, проблемы развития / И. Мисуно // Аграрная экономика, 2019. – №9. – С. 358.
2. Емелин, В.А. Урожай зеленой массы и сроки использования силфий пронзеннолистной в системе зеленого и сырьевого конвейерного кормопроизводства / В.А. Емелин // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 3. – С. 12–14.
3. Степанов, А.Ф. Продуктивность силфий пронзеннолистной в зависимости от сроков и высоты скашивания / А.Ф. Степанов, А.В. Усенко // Кормопроизводство. – 2009. – № 8. – С. 25–26.
4. Абрамов, А.А. Сильфия пронзеннолистная и козлятник восточный в кормопроизводстве Украины / А.А. Абрамов, Х.Ш. Петросян, Н.А. Стадничук, В.А. Ходак. – Ужгород, 1994. – 59 с.
5. Вавилов, П.П. Новые кормовые культуры / П.П. Вавилов, А.А. Кондратьев. – Москва: Россельхозиздат, 1975. – 351 с.
6. Вавилов, П.П. Питание силфий пронзеннолистной и отзывчивость на удобрения в условиях Московской области / П.П. Вавилов, А.А. Кондратьев, Е.И. Кошкин // Тезисы Всесоюзного совещания по технологии возделывания новых кормовых культур. – Саратов; Энгельс, 1978. – Ч. 2. – С. 74–76.
7. Беляк, В.Б. Режим орошения, водопотребления и урожай силфий пронзеннолистной в Саратовском Заволжье / В.Б. Беляк, А.В. Гришунин // Мелиоративное состояние орошаемых земель Поволжья и эффективное использование. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 1984. – С. 35–37.
8. Медведев, П.Ф. Семеноводство новых кормовых культур / П.Ф. Медведев. – Ленинград : Колос, 1974. – 144 с.

9. Грицак, З.И. О влиянии способов посева и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы сильфия / З.И. Грицак // Совещание по вопросам изучения и освоения растительных ресурсов СССР : тезисы докладов. – Новосибирск, 1968. – С. 272.

10. Кошкин, Е.И. Особенности биологии и некоторые приемы возделывания сильфии пронзеннолистной в условиях Московской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.И. Кошкин ; ТСХА. – Москва, 1976. – 18 с.

11. Суворин, В.П. Урожай зеленой массы сильфии пронзеннолистной в зависимости от способов посева и площадей питания / В. П. Суворин, И. В. Бондаренко // Ученые записки / Ленинградский сельскохозяйственный институт. – Ленинград, 1973. – Т. 184, вып. 2. – С. 59–62.

12. Павлов, В.С. Продуктивность сильфии пронзеннолистной в зависимости от азотного удобрения / В.С. Павлов, И.Я. Пахомов, А.Н. Шпаков, Т.В. Якимчик // Химия в сельском хозяйстве. – 1984. – № 11. – С. 24–26.

13. Архипенко, Ф.Н. Сильфия пронзеннолистная в лесостепи Украины / Ф.Н. Архипенко, В.И. Ларина // Кормопроизводство. – 2011. – № 2. – С. 36–37.

14. Панасюк, Б.А. Минеральные удобрения и продуктивность сильфии пронзеннолистной на пойменных землях Украинского Полесья / Б.А. Панасюк, В.В. Капустин, А.Г. Сердюк // Тезисы Всесоюзного совещания по технологии возделывания новых кормовых культур. – Саратов ; Энгельс, 1978. – Ч. 2. – С. 83–85.

15. Соколов, В.С. Отзывчивость сильфии пронзеннолистной на удобрения в условиях Черновицкой области / В.С. Соколов, П.П. Вавилов, З.И. Грицак // Шестой симпозиум по новым кормовым растениям : тезисы научных сообщений / Ботанический институт им. В. Л. Комарова, Мордовская государственная сельскохозяйственная опытная станция, Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – Саранск, 1973. – С. 232.

16. Емелин, В.А. Урожайность, стеблеобразующая способность и облиственность растений сильфии пронзеннолистной в зависимости от доз азотного удобрения / В.А. Емелин // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 37–41.

17. Емелин, В.А. Влияние различных доз навоза на урожайность зеленой массы и формирование стеблей и листьев сильфии пронзеннолистной / В.А. Емелин // Главный зоотехник. – 2012. – №10. – С. 17–23.

18. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / МСХ СССР, ВНИИК им. В. Р. Вильямса. – М., 1983. – 197 с.

LEAF GROWTH, YIELD AND STRUCTURE OF SILFIUM GREEN MASS IN THE THIRD YEAR OF CROPS LIFE DEPENDING ON DEVELOPMENT STAGES, MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS

V.A. Yemelin, B.V. Sheliuto

In a weather-favorable year silfium can be used as a crop which provides green mass in summer and autumn ensuring and prolonging the periods of obtaining green fodder and raw materials for harvesting silage from June 7 to September 22. The highest (747.3 dt / ha) green mass yield was obtained at the flowering stage on the variant $N_{120}P_{90}K_{120}$ kg/ha of dry matter + dolomite powder 3.5t /ha. The positive aftereffect of manure (option: manure 40 t/ha + dolomite powder 3.5 t/ha) was manifested in the third year (2016) of silfium life with a yield of 524.1 dt/ha of green mass at the flowering stage.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ И ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ЗЛАКОВЫХ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ С УЧАСТИЕМ ФЕСТУЛОЛИУМА

Б.В. Шелюто, доктор с.-х. наук, И.М. Барыгина

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: irinka8925@yandex.by
(Поступила 15.06.2020)*

Рецензент: Клыга Е.Р., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлена сравнительная оценка злаковых культур и бобово-злаковых травосмесей с участием фестулолиума по продуктивности и питательной ценности. Установлено, что наиболее оптимальные агрофитоценозы для фестулолиума в бинарных посевах создаются при посеве фестулолиума с люцерной посевной и ежой сборной. Так, в первый год жизни трав наиболее высокая урожайность сухого вещества была отмечена в смеси с клевером луговым и люцерной посевной – 4,4–4,6 т/га. Второго года наблюдений показал, что наиболее продуктивные фитоценозы сформировались на основе двухкомпонентных травостоев с участием люцерны посевной. Сбор сухого вещества достиг 7,2 т/га. На третий и четвертый годы самыми продуктивными по сбору зеленой массы и сухого вещества оказались варианты с включением люцерны посевной и ежи сборной (12,8–13,5 т/га и 10,8–11,1 т/га сухого вещества соответственно). Одновидовой посев фестулолиума обеспечил самую низкую урожайность за четыре года исследований, которая составила 3,7–9,4 т/га сухого вещества. Оценка питательной ценности показала, что злаковый травостой был менее питательным, чем бобово-злаковый, содержание сырого протеина составило 8,8–9,0 % с концентрацией обменной энергии 9,34–9,63 МДж/кг.

Введение. Современное сельскохозяйственное производство невозможно представить без применения перспективных технологий возделывания и заготовки кормов, обеспечивающих эффективное использование биологических ресурсов среды, быструю окупаемость затрат, существенное увеличение урожайности кормовых культур и качество получаемых кормов [4].

Бобовые и злаковые растения, возделываемые на зеленый корм в отдельности, имеют те или иные преимущества и недостатки. Бобовые богаты протеином, но содержат сравнительно мало легкоусвояемых углеводов, злаковые, наоборот, в своем составе содержат больше углеводов, чем бобовые, но бедны протеином. Поэтому в хозяйствах рекомендуется практиковать совместные посевы бобовых и злаковых трав. Смешанные посевы бобово-злаковых растений на зеленый корм в большинстве случаев дают более устойчивые урожаи и повышают питательную ценность травы. Кроме этого, при скармливании зеленого корма бобово-злаковых смесей в рационах животных они нормализуют са-

харопротеиновое отношение, которое имеет большое значение для повышения продуктивности скота и регулирования репродуктивной функции животных [5].

Увеличение производства кормов, улучшение их качества, энергонасыщенности и снижение затрат на их производство – основные задачи кормопроизводства. На основании исследований, проведённых Эседуллаевым, разработаны технологии возделывания традиционных кормовых культур в одновидовых и смешанных посевах для получения готового корма с высоким содержанием белка. Однако корма из традиционных кормовых культур не позволяют сбалансировать рационы животных по сахарам. Используемые в настоящее время в хозяйствах республики виды злаковых трав (тимофеевка луговая, овсяница луговая, костреч безостый и др.) имеют сравнительно невысокое содержание сахаров (Михайличенко, 1987). Поэтому в состав бобово-злаковых травосмесей следует включать новые перспективные виды, отвечающие высоким требованиям по качеству корма и урожайности [7].

В работах Корнышева Д.С. было отмечено, что фестулолиум – культура относительно новая и мало знакомая. Овсянично-райграсовый гибрид позаимствовал у райграса такие свойства, как повышенное содержание сахаров и обменной энергии в сухом веществе, хорошая поедаемость и переваримость, поскольку он образует большое количество нежных хорошо облиственных побегов. Он быстро отрастает после скашивания или стравливания, выдерживает многократное отчуждение надземной массы в течение вегетационного периода, эффективно отзывается на азотные удобрения и орошение. В отличие от райграса он менее склонен к образованию соцветий в последующих укосах. От овсяниц фестулолиум унаследовал долголетие, высокую зимостойкость, живучесть, хорошую переносимость к вытаптыванию и засухоустойчивость. [8].

Цель исследований заключалась в сравнительной оценке продуктивности и питательной ценности одновидового посева фестулолиума и бинарных злаковых и бобово-злаковых травосмесей с его участием.

Материалы и методика. Исследования проводились в полевом опыте на опытном поле «Тушково» УО «БГСХА» в 2014–2017 гг. Опыты заложены с систематическим (последовательным) размещением вариантов со смещением по повторностям. Учетная площадь делянок 25,0 м², повторность 4-х кратная. Агротехника в опытах – общепринятая для данной культуры.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком. Агрохимические показатели почвы следующие: рН – 5,85; гумус (по И.В. Тюрину) 1,8–2,2 %; подвижный Р₂О₅ и обменный К₂О (по А.Т. Кирсанову) соответственно 252–382 мг/кг и 126–206 мг/кг почвы.

В опыте изучалась продуктивность и питательная ценность фестулолиума в чистом виде в сравнении с бинарными злаковыми и бобово-злаковыми травостоями.

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались большим разнообразием, что, в свою очередь, оказало существенное влияние на рост, развитие, урожайность и качество травостоев. За 4 года самым теплым

оказался 2016 г., среднемесячные температуры были выше средних многолетних. Превышения среднемесячных температур на 2,0–3,8 °С наблюдались в марте, апреле и мае и на 1,5–1,6 °С в июне, июле и августе. Самым холодным был 2017 г., отклонение от средних показателей составляло до 2,1 °С. Температура вегетационного периода в 2015 г. была на уровне средних многолетних показателей. По показателям ГТК к влажному относится 2016 г. (ГТК = 1,4), к слабозасушливому 2014 г. (ГТК = 1,2), к засушливому 2015 г. (ГТК = 0,7)

Результаты исследований и их обсуждение. На протяжении многих лет исследований (2014–2017 гг.) по разработке технологии возделывания фестулолиума в чистом виде и в составе злаковых и бобово-злаковых травосмесей было установлено, что фестулолиум формирует основной свой урожай в 1 укосе, эти подтверждения сохранились и в опыте с травосмесями.

Травосмесь с люцерной (в основном за счет люцерны) и ежой сборной формируют травостой приблизительно одинаковые как в первом, так и во втором укосах. Эта закономерность прослеживается по всем годам пользования травостоем многолетних трав.

Урожайность фестулолиума в чистом виде в 2016–2017 гг. заметно выше предыдущих лет (практически в два раза), что, очевидно, связано с метеоусловиями года. Также погодные условия оказали сильное влияние на урожайность зеленой массы в опытах с травосмесями. Так, в 2015 г. на фоне дефицита влаги была получена минимальная урожайность зеленой массы в сумме за три укоса по всем вариантам опыта.

Максимальный выход зеленой массы был получен в 2017 г. и составил от 37,4 т/га (одновидовой посев фестулолиума) до 54,2 т/га в варианте опыта с включением в травосмесь люцерны посевой (таблица 1) [1].

В 2016–2017 гг. все изучаемые травостои обеспечили довольно высокую урожайность – 8,3–13,5 т/га сухой массы. В 2015 г. отмечено резкое снижение урожайности травостоев из-за засухи в летний период, в результате чего травы замедлили свой рост и развитие, и число скашиваний пришлось сократить до двух. Также наблюдалось увеличение доли в урожае несеянных видов. Урожайность агроценозов в этот период составляла 3,5–3,9 т/га сухой массы в сумме за два укоса. Наименьшую урожайность дал двухкомпонентный травостой фестулолиума с тимофеевкой луговой (3,5 т/га).

Самая высокая продуктивность по вариантам в среднем за 4 года исследований получена в травосмеси с люцерной. В 2017 г. она составила 54,2 т/га, была практически одинаковой с предыдущим годом (51,5 т/га) и в основном состояла из растений люцерны. В среднем за 3 года пользования травостоем урожайность составила по данному варианту 45,3 т/га.

По урожайности сухой массы сохранялась аналогичная тенденция. Максимальная урожайность сухой массы получена в варианте с фестулолиумом и люцерной посевой и составила в среднем за три года пользования травами 11,2 т/га. Урожайность с включением клевера лугового составила 9,8 т/га, а фестулолиума в чистом виде – 7,3 т/га.

Анализируя динамику урожайности за три года пользования травостоем, отмечено, что урожайность бинарных травостоев с участием фестулолиума

Таблица 1 – Урожайность фестулолиума и травосмесей с ним, т/га (в сумме за три укоса)

Вид трав и травостоев	Год	Зеленая масса	Сухое вещество	± к контролю,
				сухое вещество т/га
Фестулолиум (норма высева – 6 млн всхожих семян) – (контроль)	2014	11,9	3,7	-
	2015	16,2	3,9	-
	2016	35,2	8,8	-
	2017	37,4	9,4	-
Фестулолиум (6 млн) + люцерна посевная (6 млн)	2014	17,4	4,4	+0,7
	2015	30,1	7,2	+4,1
	2016	51,5	12,8	+4,0
	2017	54,2	13,5	+4,1
Фестулолиум (6 млн) + клевер луговой (6 млн)	2014	18,3	4,6	+0,9
	2015	25,1	6,0	+2,9
	2016	46,8	11,7	+2,9
	2017	48,1	11,9	+2,5
Фестулолиум (6 млн) + ежа сборная (6 млн)	2014	17,0	4,3	+0,6
	2015	18,1	4,4	+1,3
	2016	43,2	10,8	+2,0
	2017	44,0	11,1	+1,7
Фестулолиум (6 млн) + тимopheевка луговая (6 млн)	2014	15,9	3,9	+0,2
	2015	14,6	3,5	-0,4
	2016	39,3	9,6	+0,8
	2017	40,3	10,1	+0,7

превосходила урожайность одновидового посева на протяжении всего периода исследований.

Что касается злаковых компонентов (ежа сборная и тимopheевка луговая), было отмечено, что за весь период наблюдений наибольшей урожайностью зеленой массы и сбором сухого вещества характеризовался вариант опыта с включением в травосмесь ежи сборной.

На получение кормов высокого качества влияют не только виды используемых трав, но и уборка их в оптимальные фазы развития. Скашивание травостоев в поздние сроки ведет к значительному снижению питательных свойств полученного сырья.

Проведенные исследования показали, что химический состав и питательная ценность травостоев зависела от их ботанического состава. Так, было установлено, что с включением в травосмесь бобовых трав, как правило, возрастало содержание сырого протеина (таблица 2).

В злаковых травах сырого протеина было меньше. Наиболее высоким содержанием данного показателя характеризовался вариант опыта с люцерной посевной. В бинарных посевах с включением бобового компонента содержание сырого протеина варьировало от 14 до 14,3 %. Однако следует отметить, что по содержанию сырого протеина фестулолиум (8,9 %) заметно уступал смешанным посевам с включением бобовых трав.

Таблица 2 – Питательная ценность фестулолиума и травосмесей с ним (в среднем за 3 года)

Вид трав и травостоев	Содержание в сухом веществе			
	сырого протеина, %	сахара, %	корм.ед. в 1 кг	обменной энергии, МДж/кг
фестулолиум (норма высева – 6 млн всхожих семян) – (контроль)	8,9	13,1	0,83	10,1
Фестулолиум (6 млн) + люцерна посевная (6 млн)	14,0	12,3	0,83	9,77
Фестулолиум (6 млн) + клевер луговой (6 млн)	14,3	10,9	0,91	10,6
Фестулолиум (6 млн) + ежа сборная (6 млн)	9,0	12,0	0,75	9,63
Фестулолиум (6 млн) + тимopheевка луговая (6 млн)	8,8	9,8	0,71	9,34

Максимальное количество сахара в зеленой массе отмечено у фестулолиума (13,1 % в сухом веществе). С тимopheевкой луговой сахара содержалось почти в 2 раза меньше (9,8 %). В смешанных посевах с участием фестулолиума содержание сахаров было достаточно высоким.

Зеленая масса многолетних трав, особенно бобово-злаковых травосмесей, отличалась достаточно высокой концентрацией обменной энергии. Значительным было содержание обменной энергии и в фестулолиуме (10,1 МДж в 1 кг сухого вещества). Максимальный выход обменной энергии обеспечил вариант травосмеси клевер луговой + фестулолиум – 106 МДж/га.

Среди изучаемых травостоев менее питательной оказалась травосмесь с участием тимopheевки луговой, где содержание обменной энергии было меньше на 7,5 %.

Следовательно, можно отметить, что в травосмесях с фестулолиумом полученная зеленая масса отличалась высокой питательностью и сбалансированностью по белку и углеводам, содержание переваримого протеина и сахара находилось в пределах физиологической нормы или превосходило ее.

Выводы

1. В результате исследований было выявлено положительное влияние различных компонентов трав на урожайность и питательную ценность фестулолиума.

2. Для получения в достаточном количестве питательных и полноценных, сбалансированных по сахаропротеиновому отношению кормов наряду с традиционными культурами следует возделывать новые перспективные виды, такие как фестулолиум. Смешанные бобово-фестулолиумные смеси обеспечивали сбор 45,6 т/га зеленой массы в среднем за годы исследований, 9,54 т/га сухой массы, 0,83-0,91 к.ед. в 1 кг и 14,0-14,3 % сырого протеина.

3. Возделывание фестулолиума в составе травосмеси с бобовыми компонентами (люцерной посевной и клевером луговым) позволяет получить высокую урожайность кормовой массы, богатой протеином, сахарами и обменной энергией. Посев фестулолиума в чистом виде и в составе злаковых трав на кормовые нужды в сравнении с бобовыми культурами уступает по урожайности и питательной ценности корма. Конструирование бобово-злаковых травосмесей с участием фестулолиума на дерново-подзолистых почвах позволило получить высокие сборы питательной и полноценной сбалансированной зеленой массы в отличие от традиционных посевов кормовых культур.

Литература

1. Барыгина, И.М. Использование фестулолиума в чистом виде и в составе бинарных травосмесей // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1. – С. 82–87.
2. Васько, П.П. Инновации в селекции / П.П. Васько // Наука и инновации. – 2010. – №7(89). – С. 13.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
4. Коновалова, Н.Ю. Эффективность бобово-злаковых травосмесей на основе фестулолиума в условиях европейского севера России / Н.Ю. Коновалова, И.В. Сереброва, П.Н. Калябашкин, С.С. Коновалова // Кормопроизводство. – 2014. – №2. – С. 33-36.
5. Шайкова, Т.В. Бобово-злаковые травосмеси с участием фестулолиума // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4. – С. 25-28.
6. Шайкова, Т.В. Влияние норм высева, сроков сева и уровней минерального питания на продуктивность фестулолиума в условиях Псковской области. Шайкова, Т.В. Кузьмина Т.Е. // Кормопроизводство. 2014. № 4. – С. 12-15
7. Эсседуллаев, С.Т. Сравнительная продуктивность и питательная ценность одновидовых и смешанных посевов фестулолиума и традиционных многолетних трав на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья // Кормопроизводство. Научно-производственный журнал.
8. Фестулолиум (краткая информация) Электронный ресурс: <https://www.vgsa.ru/agroland/quest/page/2051/>.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE YIELD AND NUTRITIONAL VALUE OF GRASS AND LEGUME-GRASS SWARDS WITH FESTULOLIUM

B. V. Sheliuto, I. M. Barygina

The paper presents the comparative evaluation of cereals and legume-grass mixtures with festulolium on yield and nutritional value. It's established that the most optimal agrophytocenoses for festulolium in binary mixtures are formed when festulolium is sown with alfalfa and cocksfoot. Thus, in the first year the highest yield of grass dry matter was observed in the mixture of red clover and alfalfa – 4.4-4.6 t/ha. The second year showed that the most productive agrophytocenoses were formed on the basis of two-component swards with alfalfa. The dry matter yield reached 7.2 t/ha. In the third and fourth years the variants with included alfalfa and cocksfoot (12.8-13.5 t/ha and 10.8-11.1 t/ha of dry matter respectively) were turned to be the most productive in terms of green mass yield. Festulolium sown pure

provided the lowest yield, which was 3.7-9.4 t/ha of dry matter, for the third and fourth years of the research. The evaluation of feeding value showed that grass sward was less nutritional than legume-grass one, the crude protein content amounted to 8.8-9.0% with metabolic energy concentration of 9.34-9.63 Megajoule/kg.

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ НАЦИОНАЛЬНОГО БАНКА СЕМЯН –
ОСНОВА СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ
В БЕЛАРУСИ**

Ф.И. Привалов, доктор с.-х. наук, **С.И. Гриб**, доктор с.-х. наук,
И.С. Матыс, кандидат с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Поступила 09.04.2020)

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

***Аннотация.** В статье представлены результаты изучения и использования генетических ресурсов растений в Республике Беларусь при создании сортов и гибридов. Созданная в период 2000–2020 гг. национальная коллекция генетических ресурсов растений является важнейшим резервом ценных источников исходного материала для селекции. В итоге многолетнего полевого и лабораторного изучения коллекционного материала выделены доноры и источники ценных признаков и свойств растений, которые активно используются в селекции. На их основе создано 1060 новых сортов растений. Впервые в нашей стране сформированы базовые, активные, рабочие, полевые, дублетные коллекции семян исходного образца, целевые признаковые, генетические, стержневые и учебные коллекции по наиболее значимым в экономическом отношении сельскохозяйственным растениям. К настоящему времени в республике сформированы репрезентативные по биологическому разнообразию коллекции, включенные в Государственный реестр научных объектов, составляющих национальное достояние.*

Генетические ресурсы растений являются ценным и стратегически важным капиталом любой страны, так как они непосредственно связаны с решением вопросов продовольственной, природоохранной и биологической безопасности в настоящем и будущем [1]. Мир в настоящее время стоит перед лицом множества проблем, одна из которых – обеспечение продовольственной безопасности населения Земли. За непродолжительный период на Земле уже утрачено около 30 % видов растений. Каждый биологический вид – продукт длительной эволюции, представляющий уникальную планетарную ценность, и его потеря невосполнима. Однако сложившаяся в настоящее время ситуация свидетельствует о снижении уровня биологического разнообразия и деградации генетических ресурсов растений, пригодных для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства, что происходит из-за глобального изменения климата и неуклонного усиления антропогенного прессинга на природные экосистемы. Поэтому сохранение, изучение и эффективное использование генофонда растений в большинстве стран мира рассматриваются как наиболее актуальная национальная задача, которая служит основой успеха в развитии устойчивого сельскохозяйственного производства. Генетическое разнообразие этих ресурсов позволяет сельскохозяйственным культурам и сортам приспособ-

сабливаться к постоянно меняющимся условиям и преодолевать проблемы, создаваемые вредителями, болезнями и абиотическими стрессорами. Сохранение, рациональное использование, справедливое и равноправное совместное участие в выгодах от использования генетических ресурсов являются предметом международной заинтересованности и насущной необходимостью. Мировым сообществом признаны суверенные права стран на их биологические ресурсы и вместе с тем на них возлагается ответственность за сохранение биологического разнообразия, мобилизацию генетических ресурсов. С этой целью функционируют и постоянно создаются новые генетические банки, где в условиях *ex situ* сохраняются различные коллекции генетических ресурсов. В настоящее время в семенных генных банках сохраняются 7,4 млн. образцов гермоплазмы, примерно четверть которых по оценкам являются самостоятельными образцами с дубликатами в нескольких коллекциях. Ввиду насущной потребности в диверсификации растет интерес к целенаправленному сбору и ведению коллекций малоиспользуемых культур, а также дикорастущих продовольственных видов. Это следует рассматривать как важное звено в сохранении их генофонда в условиях *in situ*, поскольку имеются данные, что такие виды обычно сложнее сохранять *ex situ*, чем ведущие продовольственные или кормовые культуры. Многие важные сельскохозяйственные виды не дают семян, которые можно было бы хранить в условиях *ex situ*, и сохранению генофонда таких растений все еще не уделяется достаточного внимания.

На современном этапе в Республике Беларусь основными приоритетами в селекции растений определены: создание сортов с повышенным потенциалом адаптивности к абиотическим и биотическим стрессорам наряду с высокой продуктивностью, качеством, ресурсоэффективностью и экологической безопасностью продукции. Ведется целенаправленная работа по созданию систем адаптивных взаимодополняющих сортов по следующим направлениям: адаптированных к условиям изменения климата с широкой нормой сортовой реакции; высокопродуктивных для условий интенсивного растениеводства и точного земледелия; экологически безопасных для органического земледелия; целевого назначения для производства специализированных видов продукции. Успешная реализация приоритетных направлений селекции, в первую очередь, обусловлена наличием соответствующего генофонда растительных ресурсов [2].

Материалы и методика. Образцы генофонда, селекционный материал, созданные сорта растений оцениваются по широкому комплексу хозяйственно-биологических признаков полевыми и лабораторными методами. Определяются генетико-биохимические и физиологические показатели оценки качества продукции и устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам среды, выделенные источники и доноры используются для целевого создания новых сортов.

Результаты исследований. Целенаправленная научно-исследовательская работа в рамках ГП «Генофонд растений» проводится с 2000 г. Национальная коллекция генетических ресурсов растений Республики Беларусь насчитывает более 84,0 тыс. образцов, 1680 культурных видов и их диких родичей. РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по зем-

леделию» координирует работу в стране по сбору, изучению и сохранению генофонда растений, являясь ведущим научным учреждением в области растениеводства, где сконцентрирована селекция более 36 видов сельскохозяйственных растений. Здесь создан Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений (генбанк), который позволяет сосредоточить растительное разнообразие страны в одном месте, гарантировать относительную безопасность его сохранения, обеспечить возможность целенаправленного изучения, расширить доступность к использованию генетических ресурсов растений для отечественных и зарубежных ученых. В основу его формирования положены следующие принципы: сохранение подлинности образца семян; поддержание жизнеспособности и генетической целостности образца; физическая сохранность коллекции; пополнение и использование зародышевой плазмы; обеспечение информации; активное управление генным банком [3].

Генбанк сохраняет более 41,0 тысяч коллекционных образцов и включает в свой состав 53 коллекции по 10 семействам, 46 родам, 702 видам, 393 разновидностям, активную и национальную базовую коллекции (*ex situ*), целевые признаковые, стержневые коллекции, и уникальные образцы. В генном банке на хранении находится семенной материал генетических ресурсов растений зерновых (пшеница озимая, пшеница яровая, рожь озимая, тритикале озимое, тритикале яровое, ячмень яровой, овес яровой) – 8955 образцов из 73 стран мира (2 семейства, 5 родов, 50 видов, 300 разновидностей), кукурузы (*Zea mays* L.) – 804 образца из 17 стран мира; зернобобовых (горох посевной, горох полевой (пелюшка), вика посевная яровая, люпин желтый, люпин узколистый, бобы кормовые) – 3208 оригинальных образцов из 46 стран мира; крупяные (гречиха, просо и просовидные) – 728 оригинальных образцов, 2 семейства, 4 рода, 5 видов, 15 разновидностей из 25 стран мира; кормовые (бобовые, злаковые травы, свёкла кормовая) – 2932 образца из 35 стран мира; масличные (рапс озимый, рапс яровой, редька масличная, сурепица озимая, горчица белая) – 1192 образца 3 рода, 6 вида, 5 разновидностей из 23 стран мира; свекла сахарная (*Beta vulgaris* L.) – 281 образец; лен (*Linum* L.) – 909 образцов; овощные культуры – 153 образца и коллекция дикорастущих хозяйственно полезных растений (в том числе диких родичей культурных растений), представленная 1069 образцами семян природных популяций, которые относятся к 475 видам, 285 родам, 62 семействам. В их числе 89 редких видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. В относительном выражении наибольший удельный вес составляют образцы зерновых – 45,0%. Зернобобовые составляют 16,0% коллекционного фонда, кормовые 15,0%, масличные (крестоцветные) 6,0%, крупяные 4,0%, и прочие культуры 14%. Семенные коллекции по своему географическому происхождению включают коллекционные образцы 73 стран мира, 46% коллекционных образцов белорусского происхождения.

Каждый образец, включенный в основной каталог после комплексного изучения в полевых и лабораторных условиях, размножается для закладки на длительное и оперативное хранение в контролируемых условиях (-18 °C) и (+4 °C) соответственно. Периодически проводится инвентаризация состояния сохраняемых образцов и осуществляется постоянный контроль за своевремен-

ностью их пересева. Только в 2019 г. в процессе проведения научных исследований были сформированы целевые признаковые коллекции кормовых культур: райграса пастбищного по уровню плоидности – 21 образец; фестулолиума по времени выбрасывания соцветия (на втором году жизни) – 24 образца; полиплоиды райграса пастбищного – 10 образцов по признаку высокой кормовой продуктивности. При изучении коллекционного материала многолетних злаковых трав второго года жизни различного эколого-географического происхождения по результатам структурного анализа семенной продуктивности растений выделены источники высокой продуктивности овсяницы луговой: *Волжанка* – 12,0 г/растение, *Свердловская-37* – 16,9 г/растение, *Bundy* – 18,9 г/растение, которые будут включены в гибридизацию. При проведении научных исследований выделены коллекционные образцы пшеницы яровой и рекомендованы для использования в селекции в качестве источников с высоким содержанием белка и клейковины: *Тулунская 50 (RUS)* – 19% и 41,2%; *Long Fu 8 (CHN)* – 16,5% и 33,4%; *Miana (FRA)* – 17% и 33,4%; *Thasos (DEU)* – 16,1% и 33,7%; *Подмосковная 10 (RUS)* – 16,4% и 34,8% относительно контрольного сорта *Рассвет (BLR)*, 14,8% и 32,8% соответственно).

Для использования в селекционном процессе из коллекций генбанка передано в научные подразделения РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» 467 коллекционных образцов и 200 образцов для изучения и выделения источников устойчивости к болезням на инфекционном фоне, ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» – 53 образца, ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» – 19 образцов. Проведен обмен коллекционными образцами с Эстонским научно-исследовательским институтом растениеводства, Институтом растениеводства Словакии, Китайско-Российским центром по научно-техническому сотрудничеству в области сельского хозяйства Хэйлунцзянской академии сельскохозяйственных наук (ХАСХН), Казахским НИИ земледелия и растениеводства. Получены коллекционные образцы из Национальных Центров генетических ресурсов растений Латвии, Эстонии, США, Китая, Словакии и Казахстана – 309 образцов (пшеница, овес, ячмень, тритикале, горох, соя, люцерна, клевер, гречиха).

За 2000-2020 гг. с использованием генофонда коллекций в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» создано 289 сортов (зерновых, зернобобовых, кормовых и масличных растений). Только в 2019 г. включены в Государственный реестр сортов Республики Беларусь 20 сортов: тритикале озимого *Березино*, *Ковчег*, *Заречье*, *Устье*; ячменя ярового *Рейдер*, *Куфаль*, *Адам*; пшеницы яровой *Ладья*, *Эврика*; ржи озимой *Росана*; овса *Шанс*; гороха посевного *Презент*; люпина желтого *Алтын*; люпина узколистного *Альянс*; гречихи *Альфа*; проса *Дублон*; рапса озимого *Северин*; рапса ярового *Яровит*; донника желтого *Мядовы*. В Государственный реестр сортов РФ в 2019 г. включены сорта яровой пшеницы *Ладья*, *Каменка*, ярового тритикале *Доброе*, *Заозерье* совместной селекции с ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр».

В генобанке также сохраняется коллекция дикорастущих хозяйственно полезных растений (в том числе диких родичей культурных растений), представленная 1069 образцами семян природных популяций. Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» включен в Государственный реестр научных объектов, национального достояния Республики Беларусь (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 27.12.2019 г. № 924) [4].

Генетическая коллекция ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», включает: анеуплоидные линии пшеницы; инбредные, ЦМС- и линии-закрепители стерильности ржи; хромосомно-замещенные линии тритикале; формы секалотритикум; алло- и изоплазматические линии пшеницы и ячменя; образцы диких и культурных видов льна; самаклоны и дигаплоиды картофеля; линии, сорта и гибриды томата и перца; линии закрепители и восстановители фертильности подсолнечника. Генетическая коллекция сельскохозяйственных растений представлена 2571 образцами, в том числе 1417 образцов ДНК растений. С использованием генетической коллекции сельскохозяйственных растений и банка ДНК за 2008-2019 гг. ГНУ «Институт генетики и цитологии» явился оригинатором (со-оригинатором) 36 сортов, включенных в Государственный реестр сортов (томат – 19, перец сладкий – 5, подсолнечник – 3, пшеница яровая – 4, капуста – 2, соя – 2, рожь – 1) [5].

В РНДУП «Полесский институт растениеводства» сформирована коллекция самоопыленных линий кукурузы – 200 образцов. С использованием генофонда кукурузы в 2016-2019 гг. были созданы и переданы в ГСИ гибриды кукурузы: *Полесский 214 СВ, Полесский 216 СВ, Вивален 1118, Вивален 3118, Вивален 3218, Вивален 3318*. В Государственный реестр сортов включены следующие гибриды: *Полесский 111* (2017), *Дарья* (2018). В Государственный Реестр Российской Федерации на 2019 г. включены гибриды *Полесский 212 СВ, Полесский 216 СВ, Полесский 220* [6].

Коллекция люпина в БГУ включает 378 образцов люпина желтого, 371 – узколистного, 38 – люпина белого и 22 образца других видов. Все образцы коллекции люпина изучаются и маркируются по различным направлениям: морфологическим; биохимическим (запасные белки, алкалоиды); молекулярно-генетическое маркирование геномов; тестируется метод гаметной селекции и спорофитного отбора на устойчивость к грибным болезням [7].

Коллекция генресурсов свеклы сахарной сосредоточена в РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле» и составляет 349 образцов. В процессе изучения коллекции проведены отборы по признакам стерильности/фертильности, односемянности. Оценено 15 номеров, количество растений составило 1365. Описано по морфологическим признакам 14 образцов. На изолированных участках получены семена 9 односемянных образцов, 34 многосемянных опылителей, 16 межвидовых гибридов, 6 диких видов свеклы. В питомнике размножения получено 12 односемянных МС-аналогов в количестве 3264 корнеплодов, 15 закрепителей стерильности в количестве 3716 корнеплодов. Изучена продуктивность 7 межвидовых гибридов, 7 многосемянных опы-

лителей, 10 односемянных МС-линий и 16 закрепителей стерильности, 7 белорусских образцов коллекции. Проведена оценка по устойчивости к цветущности – 24 коллекционных образцов, выделено 9 образцов. Оценено по устойчивости к церкоспорозу из 35 образцов коллекции, 15 образцов показали высокую устойчивость к данному заболеванию. В условиях инфекционного фона проведена оценка 30 образцов к ризоктониозу, выделено четыре устойчивых. Проведен молекулярно-генетический скрининг по признаку устойчивости к ризоктониозу и фузариозу у различных растений сахарной свеклы, составлены мультилокусные паспорта. За последние пять лет в государственное сортоиспытание Беларуси передано 9 гибридов сахарной свеклы. По результатам государственного испытания пять гибридов (*Полибел*, *Белтоль*, *Алиция*, *Смежо* и *Конус*) включены в Государственный реестр сортов Республики Беларусь. Это диплоидные гибриды урожайно-сахаристого направления. Отличаются высокой урожайностью и высокой сахаристостью. Обладают хорошей технологичностью, пригодны для средних сроков уборки. В 2016 г. гибрид *Белтол* включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по ЦЧЗ Российской Федерации. Гибриды *Белтоль* и *Алиция* обладают устойчивостью к ризомании [8].

Генофонд льна РУП «Институт льна» насчитывает более 800 образцов, из которых около 260 образцов масличного льна и более 540 образцов льна-долгунца различного эколого-географического происхождения. С использованием генофонда льна с 2000 г. созданы и включены в Государственный реестр 13 сортов льна-долгунца и 5 сортов льна масличного; 6 сортов льна-долгунца включены в реестр Российской Федерации. Сорта отличаются экологической пластичностью и стабильностью реализации генетического потенциала урожайности и качества продукции. Шесть сортов льна-долгунца (*Василек*, *Пралеска*, *Грант*, *Ласка*, *Веста*, *Левит 1*) и три сорта льна масличного (*Илим*, *Онус*, *Салют*) селекции РУП «Институт льна» включены в Госреестр Российской Федерации. По результатам Государственного сортоиспытания сорта льна-долгунца обеспечили среднюю урожайность тресты 56,5–66,0 ц/га, волокна – 16,4–22,1 ц/га, семян – 8,5–10,1 ц/га. Максимальная урожайность общего волокна достигает 33,0–38,1 ц/га, в т.ч. длинного – до 19,2 ц/га при содержании в тресте до 38,0–40,0 и 19,0–22,6 % соответственно. Максимальная урожайность семян льна масличного составила 30,3 ц/га [9].

Коллекции овощных, лекарственных и пряно-ароматических культур РУП «Институт овощеводства» представлены 3778 образцами, 32 видами, в т.ч. пасленовые культуры, корнеплодные и зеленные, луковые, бобовые, тыквенные, капустные. Собранный генофонд эффективно используется селекционерами института для создания новых сортов, на его основе получено более 140 высокопродуктивных сортов и гибридов по 39 видам овощных культур: томат, перец сладкий и горький, баклажан, физалис земляничный, капуста белокочанная, капуста брокколи, лук репчатый, лук батун, свекла столовая, морковь, редис, редька, дайкон, иссоп, огурец, тыква, кабачок, патиссон и другие [10].

Генетический фонд хозяйственно полезных растений УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» насчитывает 4866 образцов

зерновых, зернобобовых, крупяных, технических, масличных, овощных, плодовых, ягодных культур, кормовых трав, лекарственных, пряно-ароматических и декоративных древесно-кустарниковых и травянистых цветочных растений. Коллекции сортов, видов и разновидностей различных культур активно используются в учебных целях при подготовке специалистов агрономического профиля, а также в научных исследованиях студентов, магистрантов и аспирантов [11].

Заключение

В итоге многолетнего полевого и лабораторного изучения национального генофонда растительных ресурсов по ГП «Генофонд растений» выделены доноры и источники ценных признаков и свойств растений, которые активно используются для реализации приоритетных направлений селекции. На их основе в Республике Беларусь за период 2000-2019 гг. создано 1060 сортов и гибридов культурных растений. Национальный банк семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», генетические, ДНК коллекции растений ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» включены в Государственный реестр научных объектов, составляющих национальное достояние.

Литература

1. *Дзюбенко, Н.И.* Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России // Вестник Российской академии наук. – 2015. – том 85, № 1, – С. 3–8.
2. *Гриб, С.И.* Приоритеты стратегии и направления селекции полевых культур в Беларуси / С.И.Гриб // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси: матер. Межд. науч.-практ. конф., посв. 90-летию со дня основания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; 6-7 июля 2017 г., г. Жодино / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – С. 214–215.
3. *Привалов, Ф.И.* Национальный банк генетических ресурсов растений Республики Беларусь – источник продовольственной, природоохранной и биологической безопасности / Ф.И. Привалов, С.И. Гриб, И.С. Матыс // Национальный банк генетических ресурсов растений – первооснова продовольственной, природоохранной и биологической безопасности Республики Беларусь: прил. к науч.-практ. журн. № 4 «Земледелие и защита растений» / редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Прилуки: ООО «Земледелие и защита растений», 2019. – С. 3–6.
4. *Матыс, И.С.* Ex situ сохранение гермоплазмы ортодоксальных семян в Национальном банке семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» / И.С. Матыс // Генетические ресурсы растений в Беларуси: мобилизация, сохранение, изучение и использование / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. — Минск : Четыре четверти, 2019 – С. 18–21.
5. *Кильчевский, А.В.* Создание и сохранение генетических коллекций и Банка ДНК / А.В. Кильчевский [и др.] // Земледелие и защита растений. Приложение к журналу №6 (127), 2019. – С. 6–8.
6. *Шиманский, Л.П.* Генетический фонд сельскохозяйственных растений Полесского института растениеводства / Л.П. Шиманский, В.И. Кравцов // Земледелие и защита растений. Приложение к журналу №6 (127), 2019. – С 23–27.

7. Анохина, В.С. Характеристика восстановленных коллекций гибридных и мутантных форм люпина желтого и узколистного Белорусского государственного университета / В.С. Анохина, И.Ю. Романчук, И.Б. Саук // Земледелие и защита растений. Приложение к журналу №6 (127), 2019. – С. 46–48.

8. Мелентьева, С.А. Сохранение, изучение и использование генетических ресурсов сахарной свеклы в Республике Беларусь / С.А. Мелентьева // Земледелие и защита растений. Приложение к журналу №6 (127), 2019. – С. 31–34.

9. Богдан, В.З. Генофонд льна: мобилизация, изучение, использование / В.З. Богдан, Е.В. Иванова, М.А. Литерная // Земледелие и защита растений. Приложение к журналу №6 (127), 2019. – С. 27–31.

10. Досина-Дубешко, Е.С. Использование фонда генетических ресурсов в селекции овощных культур / Е.С. Досина-Дубешко [и др.] // Земледелие и защита растений. Приложение к журналу №6 (127), 2019. – С. 37–40.

11. Моисеев, В.П. Генофонд хозяйственно полезных растений Белорусской государственной сельскохозяйственной академии / В.П. Моисеев, Т.В. Сачивко // Земледелие и защита растений. Приложение к журналу №6 (127), 2019. – С. 44–46.

GENETIC RESOURCES OF THE NATIONAL BANK OF SEEDS – A BASIS OF CROP BREEDING IN BELARUS

F.I. Privalov, S.I. Grib, I.S. Matys

The article demonstrates the results of the study and use of plant genetic resources for creation of varieties and hybrids in the Republic of Belarus. The National collection of plant genetic resources formed over 2000-2020 is the most important reserve of valuable sources of the initial material for breeding. Due to long-term field and laboratory studies, donors and sources of valuable traits which are actively used in breeding, have been identified. On the basis of their use 1060 new varieties of plants have been developed. Base, active, working, field, duplicated seed collections as well as core, genetic and training collections of the most economically important crops have been created for the first time in our country. Collections representative in terms of biological diversity have been formed so far and included in the National List of Scientific Objects of National Heritage.

УДК 633.14«324»631[527+523]

СОЗДАНИЕ РОДИТЕЛЬСКИХ КОМПОНЕНТОВ И ГИБРИДНОГО СОРТА ОЗИМОЙ РЖИ БЕЛГИ (F₁)

С.И. Гордей, кандидат биол. наук, Э.П. Урбан, доктор с.-х. наук, член-корр. НАН Беларуси, Д.Ю. Артюх, К.Г. Мельничук, М.М. Горювая, Ю.С. Соловей, Т.В. Ровдо

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 01.04.2020)*

Рецензент: Гриб С.И., академик НАН Беларуси

***Аннотация.** В статье изложены основные результаты процесса создания родительских компонентов гибридов F₁ и гибридного сорта Белги. Иссле-*

дования проводились с использованием ЦМС типа «Рапра» (Р-ЦМС). Известно, что для данного типа ЦМС не представляет проблем создание материнских компонентов, т.к. частота генов-закрепителей стерильности в популяциях ржи высока. Основная трудность заключается в выявлении эффективных восстановителей фертильности. В исследованиях использованы эффективные источники генов-восстановителей, носителем которых является примитивная популяция Иранской ржи – IRAN IX. В результате проведенных исследований, с использованием ДНК-типирования, созданы материнские (мужски стерильные) и отцовские компоненты – эффективные восстановители фертильности; получены гетерозисные гибриды F_1 , лучший из которых по ряду хозяйственно-полезных признаков передан в Государственное испытание под названием Белги; дана его характеристика.

Введение. В Республике Беларусь рожь является одной из основных продовольственных культур среди злаков. Она высокоадаптивна к экологическим условиям республики, менее требовательна к плодородию почвы, обладает высокой зимостойкостью, устойчивостью к основным грибным заболеваниям. Зерно ржи характеризуется высокой питательной ценностью, сбалансированностью по аминокислотному составу и повышенным содержанием лизина. В связи со значительным расширением в течение последних лет посевных площадей таких культур как пшеница, тритикале и рапс, произошло сокращение посевов ржи в республике с 1 млн га до 340 тыс. га. Основным резервом увеличения валовых сборов зерна ржи в Беларуси является повышение урожайности за счет создания и внедрения высокопродуктивных сортов и применения современных технологий их возделывания.

В республике внедрен ряд высокопродуктивных популяционных сортов этой культуры, таких как *Пуховчанка*, *Верасень*, *Спадчына*, *Сябровка*, *Завея-2*, *Дубинская*, *Полновесная*, *Белая Вежа*, *Пралеска*, *Зазерская-3* (тетраплоидные), а также *Калинка*, *Радима*, *Ясельда*, *Лота*, *Нива*, *Талисман*, *Юбилейная*, *Бирюза*, *Алькора*, *Офелия*, *Голубка* (диплоидные) [1].

Применяемые в практической селекции методы создания сортов в значительной степени себя исчерпали, что является основным препятствием дальнейшего прогресса селекции озимой ржи. Использование эффекта гетерозиса является наиболее перспективным направлением дальнейшего повышения урожайности озимой ржи. Создание гетерозисных гибридов F_1 позволяет повысить урожайность этой культуры на 15-20% по сравнению с лучшими популяционными сортами. Гетерозисные гибриды обладают более высоким генетическим потенциалом адаптивности, устойчивости к болезням, качества зерна и стабильной урожайности [2]. Рядом исследователей установлено, что при уровне урожайности более 40 ц/га использование гибридных сортов экономически оправдано уже при 10%-ном уровне конкурсного гетерозиса.

В течение последних десятилетий после открытия в конце 60-х – начале 70-х годов прошлого столетия нескольких типов цитоплазматической мужской стерильности у озимой ржи: «Рапра»-тип (Р-ЦМС) [3], R-тип [4], позже G-тип [5], в ряде стран западной и восточной Европы интенсивно ведутся исследова-

ния по использованию гетерозиса у данного злака. К настоящему времени гибридные сорта ржи широко возделываются в таких странах как Германия, Дания, Швеция, Норвегия, Нидерланды, более чем на половину вытеснив популяционные сорта. Некоторую долю гетерозисные гибриды ржи занимают также в Польше, Венгрии; за пределами Европы – в Канаде, Новой Зеландии и юге Австралии. В Беларуси также зарегистрирован ряд гибридов немецкой и местной селекции: *Picasso*, *KWS Bono*, *KWS Ravo*, *KWS Livado*, *KWS Bint*, *KWS Vinetto*, *SU Drive*, *SU Mefisto*, *SU Kossani* (Германия), *Лобел-103*, *Галинка* (Германия-Беларусь), *Плуца* (Беларусь).

Основными преимуществами гетерозисных гибридов F_1 озимой ржи перед популяционными сортами являются более высокая экологическая пластичность, устойчивость к основным видам болезней, выравненность стеблестоя, урожайность, что обусловлено эффектом гетерозиса при скрещивании генетически дивергентных родительских форм. Вместе с тем, существует несколько ограничений при возделывании коммерческих гибридов F_1 ржи. На низкоплодородных почвах и при уровне урожайности ниже 35 ц/га выращивание гибридных сортов нерентабельно, поскольку эффект гетерозиса в данной ситуации нивелируется. Кроме того, в подавляющем большинстве зарегистрированных гибридных сортов ржи (на основе Р-ЦМС) по генетическим причинам не происходит полного восстановления фертильности пыльцы. В результате недостаток пыльцевых зерен приводит к череззернице, сильному поражению спорыньей и, как результат, к снижению урожайности. Последняя проблема труднопреодолима и актуальна. Ее решение позволит существенно облегчить и расширить производство гибридных сортов ржи.

При создании гетерозисных гибридов F_1 озимой ржи с использованием Р-ЦМС основным барьером является восстановление фертильности пыльцы [6]. Частота эффективных генов-восстановителей в европейском материале ниже 5 % и, кроме того, их эффективность сильно подвержена влиянию среды [7].

Относительно недавно открыты новые эффективные источники генов-восстановителей в примитивной популяции Иранской ржи IRAN IX и Аргентинской ландрасе Pico Gentario. Использование этих генов при селекции гибридных сортов ржи названо технологией «Pollen-plus». Найдены молекулярные маркеры. Есть в наличии линии – носители генов-восстановителей. Интродукция этих генов в родительские компоненты с использованием ДНК-типирования позволяет эффективно создать системы ЦМС и гетерозисные гибриды F_1 ржи.

Материал и методика исследований. Материалом для исследований являлась коллекция популяционных сортов озимой диплоидной ржи белорусской и немецкой селекции, источники Р-ЦМС, генов самофертильности (Sf) и генов-восстановителей (Ms) – иранская дикая рожь (IRAN IX), гибриды и инцухт-линии из коллекций РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» и фирмы «КВС-Лохов» (Германия).

В таблице 1 представлен список исходных форм для создания родительских компонентов и гибридов F_1 .

Таблица 1 – Объемы исходного материала для создания родительских компонентов и гибридов F₁

Название комбинации/образца	Количество образцов
Коллекция инцухт-линий	2000
Популяционные сорта	11
Гибриды F ₁	286
Популяция IRAN IX	1

Работа по созданию родительских компонентов и гибридов F₁ озимой ржи проводилась в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхло-супесчаной почве с содержанием гумуса 2,02–2,53 %, фосфора 153–257 мг/кг почвы, калия 242–289 мг/кг и pH почвы 5,86–6,2. Предшественник – озимый рапс на зерно. Обработка почвы, посев и уход за посевами осуществлялись в соответствии с агротехникой, принятой для возделывания озимой ржи в Беларуси.

Для создания инцухт-линий – носителей генов восстановления фертильности от Иранской ржи (IRAN IX) проводили кастрацию существующей инцухт-линии, после чего ее опыляли донором генов-восстановителей от IRAN IX. В последующих поколениях проводили принудительное самоопыление отдельных растений, колосьев и отбор инцухт-линий по уровню самофертильности, продуктивности и инбредной депрессии. Для создания новых инцухт-линий на генетической основе гетерозисных гибридов F₁ проводили их принудительное самоопыление с последующей оценкой уровня самофертильности по проценту завязываемости зерен в изолированных колосьях. Эффективные восстановители фертильности выявляли «в потомстве» по индексу восстановления у гетерозисных гибридов, а также с использованием ДНК-типирования.

Для изучения, поддержания и размножения коллекции самоопыленных линий (I_{1..9}) закладывался питомник поликросса согласно общепринятой методике, главным условием соблюдения которой было равноправное опыление всех инцухт-линий. Тестером в питомниках поликросса служила смесь семян всех линий.

Во избежание перекрестного опыления и поддержания генетической чистоты исходного материала, а также для анализа на самофертильность использовались индивидуальные изоляторы.

Результаты исследований и их обсуждение. Изначально, с целью создания новых инцухт-линий и определения эффективности донора генов самофертильности, проведена гибридизация популяционных сортов (♀) с донорами Sf генов (♂). Установлено, что уже в II от принудительного самоопыления выражена экспрессия генов самофертильности независимо от генотипа материнского и отцовского компонента. Так, все растения II комбинации *Юбилейная х Л-353* (донор Sf генов) имели высокий уровень самофертильности при относительно низкой вариации данного признака. Изученные формы характеризовались также высокой массой 1000 зерен. Аналогичные результаты по эффекту

генов самофертильности получены при использовании остальных популяционных сортов. В течение 5 лет были выделены линии – закрепители стерильности и восстановители фертильности, однако индекс восстановления у гибридов F₁, полученных на основе созданных восстановителей фертильности, не превышал 75 %, что недостаточно для обеспечения хорошей завязываемости зерен.

Для создания инцухт-линий – восстановителей фертильности большой интерес представляет использование иранской дикой ржи (IRAN IX) и гибридных сортов ржи, в которых уже присутствуют гены самофертильности и эффективные гены-восстановители. Было проведено принудительное самоопыление отдельных растений 137 гибридных межлинейных (на генетической основе Р-ЦМС) и линейно-популяционных (с использованием G-ЦМС) сортов ржи западноевропейской селекции. Установлено, что подавляющее большинство самоопыленных растений характеризовались высоким уровнем фертильности колоса, а также ряд полученных гибридов с использованием в качестве отцовских компонентов новых линий имели высокий индекс восстановления, достигающий до 98 %, что доказывает присутствие генов-восстановителей от иранской дикой ржи.

В результате проведенных исследований было выделено 400 инцухт-линий, предполагаемых носителей генов восстановления фертильности от иранской дикой ржи (IRAN IX), со средней и высокой степенью ОКС от 106,1 до 118,7% (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика отдельных инбредных линий

Линия	Урожайность, г/м.п.	ОКС	Линия	Урожайность, г/м.п.	ОКС
In-20	54,7	107,7	In-990	56,2	110,6
In-222	58,2	114,6	In-1103	55,9	110,0
In-241	56,8	111,8	In-1212	56,8	111,8
In-256	53,9	106,1	In-1893	56,6	111,4
In-341	54,5	107,3	In-1939	57,3	112,8
In-345	55,9	110,0	In-2025	58	114,2
In-377	59,9	117,9	In-2197	56,1	110,4
In-425	59,5	117,1	In-2287	56,3	110,8
In-439	57,5	113,2	In-2312	58,1	114,4
In-505	55,1	108,5	In-2518	59,9	117,9
In-517	56,5	111,2	In-2695	55,9	110,0
In-536	60,3	118,7	In-2748	57,6	113,4
In-599	57,3	112,8	In-2789	59,1	116,3
In-752	60,1	118,3	In-2864	58,4	115,0
In-799	55,4	109,1	In-2871	59	116,1
Средняя урожайность по питомнику				50,8	HCP _{0,05} =1,4 г/м.п.

Окончательно на основании результатов изучения новых инцухт-линий в течение ряда лет, выделено 39 селекционно-ценных форм, характеризующихся,

высокой комбинационной способностью, обеспечивающие высокий уровень проявления эффекта гетерозиса у гибридов F₁.

Для выделения материнских и отцовских компонентов изучена фертильность пыльцы у экспериментальных гибридов F₁ от скрещиваний мс-тестеров с новыми инцухт-линиями. Результаты изучения 14 комбинаций скрещиваний представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Уровень фертильности пыльцы у гибридов F₁ озимой ржи от скрещиваний МС-тестера МС-7 с инцухт-линиями

Комбинация скрещивания	Число изученных пыльцевых зерен	Число фертильных пыльцевых зерен	Число стерильных пыльцевых зерен	Уровень фертильности пыльцы, %
МС-7 x Л-29	627	494	133	78,79
МС-7 x Л-44	988	789	199	79,86
МС-7 x Л-129	1068	784	284	73,41
МС-7 x Л-158	0	0	0	0,0
МС-7 x Л-164	0	0	0	0,0
МС-7 x Л-193	1045	69	976	6,60
МС-7 x Л-230	0	0	0	0,0
МС-7 x Л-244	0	0	0	0,0
МС-7 x Л-278	1103	917	186	83,14
МС-7 x Л-329	1351	1118	233	82,75
МС-7 x Л-358	1340	1080	260	80,60
МС-7 x Л-376	0	0	0	0,0
МС-7 x Л-383	927	784	143	84,57
МС-7 x Л-396	350	292	58	83,43

Отцовские компоненты гибридов, индекс восстановления которых превышал 70%, предположительно могут являться носителями генов-восстановителей фертильности от иранской дикой ржи. Такие формы отличаются от закрепителей стерильности фенотипически по «выбросу» пыльников во время цветения (рисунок 1). Степень развития пыльников составляет 8-9 баллов по шкале Гейгера.

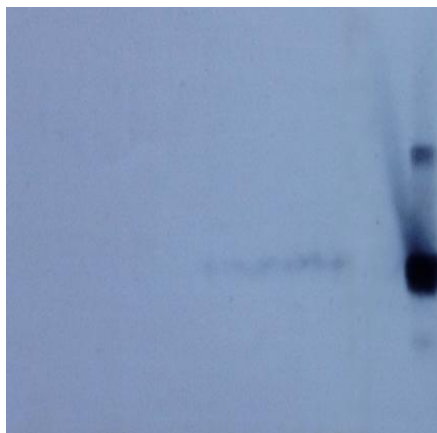
Остальные формы отнесены к закрепителям стерильности и могут быть использованы для получения материнских компонентов гибридов.

С выделенными восстановителями фертильности проведен молекулярно-генетический анализ с целью точного определения наличия либо отсутствия генов от Иранской дикой ржи (IRAN IX). Результаты показали, что из 13 изученных инцухт-линий шесть являются носителями вышеуказанных генов (рисунок 2). Инцухт линия №12 под селекционным номером Ф-25/16 впоследствии использована в качестве отцовского компонента гибрида F₁ *Белги*.

Несмотря на то, что у линий № 1-7 нет гена от IRAN IX, они также в той или иной степени были способны восстанавливать фертильность пыльцы, что было установлено в полевых экспериментах.



Рисунок 1 – Линия ржи – носитель гена восстановления фертильности от Иранской дикой ржи (IRAN IX)



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
Рисунок 2 – Дорожки 1-7 – образцы без гена от IRAN IX; № 8-13 – образцы с геном от IRAN IX 14 – отрицательный контроль (без гена от IRAN IX); 15 – пустая дорожка; 16 – положительный контроль (очищенный ген)

Созданные с использованием новых отцовских компонентов гибриды F_1 ржи изучались в течение трех лет в конкурсном сортоиспытании, где было выделено семь высокопродуктивных гибридов F_1 , превосходящих стандарт по урожайности, с высоким уровнем восстановления фертильности пыльцы, устойчивых к полеганию.

Сравнительный анализ структуры урожая у гибридов F_1 показал, что превышение над стандартом обусловлено в большей степени повышенной продуктивной кустистостью, в то время как масса зерна с колоса и масса 1000 зерен были на уровне стандарта, а в некоторых случаях даже несколько ниже.

Для получения гибридных семян материнский (МС-форма) и отцовский (восстановитель фертильности) компоненты были высеяны пасовым методом для переопыления (рисунок 3). После цветения отцовский компонент удален во избежание засорения гибридных семян при уборке. Семена, полученные с материнского компонента, представляют собой семена гибридного сорта.

По результатам испытаний из семи новых гибридов выделен высокогетерозисный гибрид F_1 от скрещивания мужски стерильной линии (МС-8/15 ♀) с самоопыленной линией (Ф-25/16 ♂).

Данный гибрид в 2019 г. передан в Госсортоиспытание Беларуси под названием *Белги* в качестве гибридного сорта, характеристика которого представлена в таблице 4.

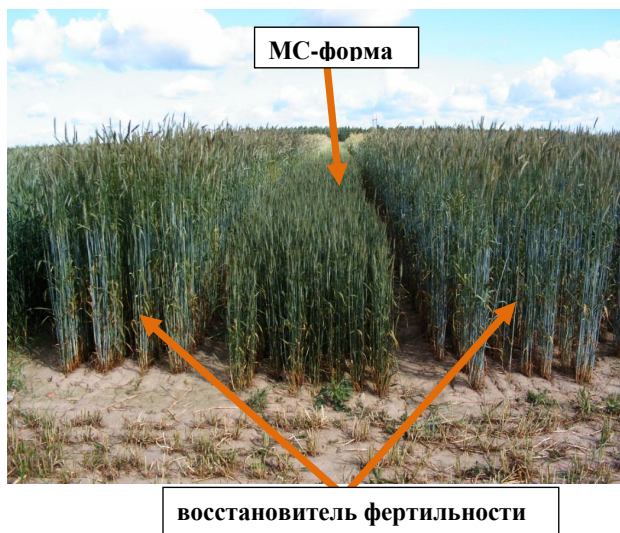


Рисунок 3 – Пасовый посев для получения семян гибридного сорта (МС-форма х восстановитель фертильности) ржи

Таблица 4 – Хозяйственно-биологическая характеристика нового гибридного сорта озимой диплоидной ржи *Белги* F₁ (среднее за 2016-2018 гг.)

Показатель	ЛоБел-103 F ₁ – контроль	Белги F ₁	+/- к ст.
Урожайность зерна, ц/га	80,8	84,3	+3,5
Перезимовка, %	80,8	83,1	+2,3
Устойчивость к снежной плесени, балл	4,0	4,6	+0,6
Высота растений, см	125	123	-2
Устойчивость к полеганию, балл	8,0	8,5	+0,5
Продуктивный стеблестой, стеблей/м ²	492,4	518,8	+26,4
Число зерен в колосе, шт.	50,4	54,7	+4,3
Масса зерна с колоса, г	1,49	1,51	+0,02
Масса 1000 зерен, г	37,4	37,9	+0,5
Натура зерна, г/л	738	745	+7
Высота амилограммы, ед.ам.	452	465	+13
Число падения, сек	210	228	+18
Общая оценка хлеба, балл	3,5	3,9	+0,4

Как видно из таблицы, превышение по урожайности над контролем *ЛоБел 103* в среднем за три года составило 3,5 ц/га. Сорт *Белги* может возделываться для хлебопекарных и кормовых целей, а также в качестве моноорма для животных в зеленом конвейере. Не допускается пересев гибридного сорта и использование зерна на семенные цели.

Преимущество данного гибрида помимо более высокой урожайности заключается в том, что отцовский компонент является носителем эффективных

генов-восстановителей от примитивной популяции Иранской ржи – IRAN IX, которые обеспечивают высокий уровень восстановления фертильности пыльцы у гибридов F₁, за счет чего отсутствует череззерница и поражение спорыньей. Использование этих генов при селекции гибридных сортов ржи названа технологией «Pollen-plus». Найдены молекулярные маркеры генов-восстановителей.

Выводы

1. Процесс создания нового гибридного сорта ржи занял около 10 лет, с учетом того, что уже имелся достаточный генофонд исходного материала: инцихт-линии, мужски стерильные тестеры, сорта, гибриды F₁.

Проведенный молекулярно-генетический анализ позволил выявить линии-восстановители с геном от Иранской дикой ржи (IRAN IX).

2. Созданный гибрид F₁ *Белги* в течение трех лет изучения в питомнике КСИ показал превышение по урожайности над контролем *Лобел 103* на 3,5 ц/га. По сравнению с ранее созданными гибридами основное его преимущество заключается в более полном уровне восстановления фертильности пыльцы (86–94 % в зависимости от года) благодаря присутствию эффективных генов-восстановителей. Это исключает добавление в производственные посевы гибрида 10 % семян популяционного сорта для обеспечения достаточного количества пыльцы.

3. В процессе исследований созданы также и другие селекционно-ценные родительские компоненты перспективных гетерозисных гибридов ржи.

4. Результаты исследований показали, что конкурсный гетерозис у полученных гибридов проявляется по числу продуктивных стеблей на 1 м² и в меньшей степени по числу зерен в колосе и массе 1000 зерен. Наши данные согласуются с данными В.Д. Кобылянского. Противоречивые результаты получены Гайгером и Миданером. Они установили, что гетерозис в наибольшей степени проявляется по числу зерен в колосе и массе 1000 зерен, в то время как плотность стеблестоя показывает небольшой или даже отрицательный гетерозис. Противоречивость результатов скорее всего объясняется тем, что авторы использовали материал других экологических групп, разные типы ЦМС (P, G и R), которые имеют различный генетический контроль.

Литература

1. *Урбан, Э.П.* Озимая рожь в Беларуси (селекция, семеноводство, технология возделывания) // Э.П. Урбан. – Минск: Беларуская навука, 2009. – 269 с.
2. *Geiger, H.H.* Hybrid rye and Heterosis / H.H. Geiger, T. Miedaner // *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops.* – Madison, Wisconsin, USA, 1999. – P. 439–450.
3. *Geiger, H.H.* Cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale L.*) / H.H. Geiger, F.W. Schnell // – *Crop. Sci.* – 1970. – Vol. 10. – P. 56-60.
4. Кобылянский, В.Д. Рожь / В.Д. Кобылянский. – Москва, 1982. – 289 с.
5. *Melz, Gi.* Genetics of a male-sterile rye of «G-type» with results of the first F₁ hybrids / Gi. Melz, Gu. Melz, F. Hartmann // *In proc. Int. Symp. on rye breed. and gen. EUCARPIA.* – Radzikow, 2001. – P. 43–50.
6. *Madej, L.* Ocena plodnosci mieszancow zyta / L. Madej, R. Osinski, J. Jagodinski // *Biuletyn Inst. Hodowli i Aklimat. Roslin. Radzikow, Poland.* – 1995. – №195/196. – P. 283–290.

7. Geiger, H.H. Heterosis of factorial inter-pool-single cross among elite winter rye inbred lines / H.H. Geiger, P. Wilde, M. Erfurt, J. Pakas // Proceedings of the Eucarpia Rye Meeting, Juli 4-7, 2001. – Radzikow, 2001. – P. 19–22.

DEVELOPMENT OF PARENTAL COMPONENTS AND THE WINTER RYE HYBRID VARIETY BELGI (F₁)

S.I. Gordei, E.P. Urban, D.U. Artiukh, K.G. Melnichuk, M.M. Gorovaya, U.S. Solovei, T.V. Rovdo

The article describes the main results of developing parental components of F₁ hybrids and the rye hybrid variety Belgi. The studies were conducted using “Pampa” type CMS (P-CMS). It is known that for this type of CMS the development of female components was not a problem, as the frequency of sterility maintaining genes in rye populations was high. The main difficulty was identifying effective fertility restorers. Effective sources of restoring genes, the carrier of which was a primitive Iranian rye population - IRAN IX, were used in the studies. As a result of the conducted research with the use of DNA-typing, female (male sterile) and parental components - effective fertility restorers, were developed, F₁ heterosis hybrids were obtained. The hybrid Belgi, which was the best in terms of a number of economically important traits, was submitted to the State Testing. The description of the hybrid was presented.

УДК 633.112.9«324»:631.537.51

ВЛИЯНИЕ ИНБРИДИНГА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЛОСА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

Н.П. Шишлова, кандидат биол. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 13.03.2020)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье приводятся результаты изучения влияния принудительного самоопыления в двух поколениях на завязываемость и продуктивность главного колоса сортов и перспективных сортообразцов озимого тритикале. Установили, что величина инбредной депрессии определялась сортовой спецификой и кратностью инцухтирования. Максимальный депрессивный эффект наблюдался при первом самоопылении образцов тритикале; при повторном принудительном самоопылении он заметно снижался либо вовсе отсутствовал. Высокая степень инцухт-толерантности и (или) быстрое достижение инцухт-минимума отмечались у сортов озимого тритикале Атлет-17, Благо 16, Амулет, Динамо и Гродно.

Введение. Несмотря на наследственное сходство процессов цветения и оплодотворения, культура тритикале является менее строгим самоопылителем, чем пшеница [3, 4, 9]. Геном ржи, включенный в состав сложного генома алло-

полиплоида, оказывая негативное влияние на гаметофитную самосовместимость тритикале, повышает вероятность перекрестного опыления растений [5, 8]. Принимая во внимание это обстоятельство, сорт тритикале можно рассматривать как преимущественно самоопыляющуюся гомозиготную популяцию с индивидуальным уровнем гетерозиготности, обеспечивающим ей оптимальную пластичность. По этой причине принудительное самоопыление тритикале сопровождается более выраженной по сравнению с пшеницей инбредной депрессией продуктивности потомства [2, 3].

Уровень гетерозиготности генотипа оказывает влияние не только на величину инбредной депрессии при принудительном самоопылении, но и на скорость гомозиготизации инцухт-поколений [1, 7]. Чем он ниже, тем незначительнее депрессивный эффект и тем быстрее достигается высокая степень гомозиготности – основа генетической однородности самоопыляющегося сорта.

Проведенные ранее опыты по изучению влияния однократного принудительного самоопыления на продуктивность колоса озимого тритикале показали наличие сортоспецифичной инбредной депрессии [10]. Ее средний уровень был невысоким, но различия между образцами имели существенный достоверный характер.

Целью настоящих исследований явилось изучение реакции сортов и сортообразцов озимого тритикале на двукратное принудительное самоопыление и оценка его влияния на элементы продуктивности колоса.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований служили 17 образцов озимого гексаплоидного тритикале (*X Triticosecale* Wittm. & A. Camus, $2n=42$): 9 сортов отечественной селекции – *Динамо (стандарт)*, *Прометей*, *Импульс*, *Амулет*, *Благо 16*, *Ковчег*, *Березино*, *Устье*, *Заречье* и 8 перспективных сортообразцов – *Атлет-17*, *Жемчуг*, *Юбилей*, *Гродно*, *ИЗС 1*, *ИЗС 2*, *ИЗС 4* (Беларусь), *Дон 3434/09* (Россия). Образцы выращивались на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2018-2019 гг. Опыт состоял из трех вариантов опыления:

- 1) контроль – естественное опыление интактных колосьев;
- 2) принудительное самоопыление в пределах колоса – I_1 ;
- 3) принудительное самоопыление потомства инцухтированных колосьев – I_2 .

Результаты исследований и их обсуждение. При естественном опылении образцов озимого тритикале среднее значение завязываемости составило 64,9 % на фоне низкой генотипической изменчивости (таблица 1). Максимальное значение показателя принадлежало новому сорту *Заречье*, сочетающему скороспелость с многоцветковостью – 76,7 %.

Первое принудительное самоопыление образцов озимого тритикале приводило к снижению завязываемости в среднем по выборке на 7,3 %; при этом негативная реакция на инцухт наблюдалась у всех образцов без исключения. Наиболее выраженная депрессия (>10%) отмечалась у сорта *Импульс* и сортообразца *Жемчуг*; наименее выраженная (<5%) – у образцов *Юбилей*, *ИЗС 4*, *Благо 16*, *Атлет-17* и *Гродно*.

Таблица 1 – Влияние инбридинга на завязываемость зерен озимого тритикале (среднее за 2018-2019 гг.)

Образец	Завязываемость, %					
	Контроль	I ₁	± к контролю, %	I ₂	± к контролю, %	± к I ₁ , %
Динамо	66,5	59,0	-7,5	64,8	-1,7	+5,8
Прометей	59,6	53,5	-6,1	56,4	-3,2	+2,9
Импульс	66,3	54,3	-12,0	56,2	-10,1	+1,9
Амулет	65,7	57,9	-7,8	66,0	+0,3	+8,1
Благо 16	62,7	58,0	-4,7	62,6	-0,1	+4,6
Ковчег	66,0	58,3	-7,7	61,1	-4,9	+2,8
Березино	64,9	57,7	-7,2	62,7	-2,2	+5,0
Устье	66,6	59,1	-7,5	59,3	-7,3	+0,2
Заречье	76,7	69,2	-7,5	71,7	-5,0	+2,5
Атлет-17	63,7	58,8	-4,9	63,8	+0,1	+5,0
Жемчуг	69,6	58,6	-11,0	63,3	-6,3	+4,7
Юбилей	62,1	58,0	-4,1	58,6	-3,5	+0,6
Гродно	60,8	55,9	-4,9	60,7	-0,1	+4,8
ИЗС 1	63,4	55,0	-8,4	61,5	-1,9	+6,5
ИЗС 2	63,0	54,2	-8,8	61,1	-1,9	+6,9
ИЗС 4	64,1	59,5	-4,6	60,6	-3,5	+1,1
Дон 3434/09	61,6	52,7	-8,9	56,3	-5,3	+3,6
Среднее	64,9±1,0	57,6±0,9	-7,3	61,6±0,9	-3,3	+4,0
Границы изменчивости	59,6–76,7	52,7–69,2		56,2–71,7		
Коэффициент вариации, %	6,05	6,41		6,32		

Второе принудительное самоопыление приводило к снижению завязываемости в среднем на 3,3 % относительно контроля и увеличению показателя на 4,0 % относительно I₁-поколения. При этом у сортов озимого тритикале *Амулет* и *Атлет-17* признаки инбредной депрессии в I₂-поколении отсутствовали. Кроме того, практически полное восстановление исходного уровня завязываемости наблюдалось у сортов *Благо 16* и *Гродно*; у образцов *Динамо*, *ИЗС 1*, *ИЗС 2* и *Березино* отмечалась слабая депрессия. Существенное снижение завязываемости при повторном принудительном самоопылении наблюдалось только у сорта *Импульс*. У всех анализируемых образцов озимого тритикале повторное инцухтирование приводило к повышению значений завязываемости относительно первого самоопыления.

Как и в случае с показателем завязываемости, негативное влияние первого инбридинга на озерненность колоса озимого тритикале носило более выраженный характер по сравнению со вторым инбридингом (таблица 2). Первый инцухт приводил к снижению озерненности колоса относительно контроля у всех анализируемых образцов тритикале; второй – у одиннадцати из них. У остальных шести образцов – *Благо 16*, *Гродно*, *ИЗС 2*, *Амулет*, *Атлет-17*, *Динамо* –

отмечалось не только полное восстановление озерненности колоса, но и небольшое превышение исходных значений.

При первом принудительном самоопылении максимальный уровень депрессии показателя озерненности наблюдался у образцов *ИЗС 4* и *Импульс*; по результатам двукратного инцухтирования – у сортов *Импульс* и *Устье*. Примечательно, что сорт *Устье* оказался единственным из анализируемой выборки, у которого озерненность колоса продолжала снижаться и после второго инцухта.

Как указывалось ранее, у шести образцов озимого тритикале при повторном инцухтировании колосьев отсутствовали признаки инбредной депрессии показателя озерненности. Два из них – *Амулет* и *ИЗС 2* – выделялись максимальными значениями прироста показателя после второго инбридинга, составившими 18,1 и 17,0 % соответственно. В то же время, сортообразец *ИЗС 4* также характеризовался существенным приростом количества зерен; тем не менее, его величина оказалась недостаточной для достижения исходного уровня озерненности колоса.

Таблица 2 – Влияние инбридинга на озерненность главного колоса озимого тритикале (среднее за 2018-2019 гг.)

Образец	Количество зерен, шт.					
	Контроль	I ₁	± к контролю, %	I ₂	± к контролю, %	± к I ₁ , %
Динамо	57,9	52,7	-9,0	58,3	+0,7	+10,6
Прометей	47,5	45,0	-5,3	45,6	-4,0	+1,3
Импульс	56,3	47,5	-15,6	49,5	-12,1	+4,2
Амулет	53,3	46,9	-12,0	55,4	+3,9	+18,1
Благо 16	52,6	49,9	-5,1	55,2	+4,9	+10,6
Ковчег	50,6	44,6	-11,9	47,4	-6,3	+6,3
Березино	52,7	47,1	-10,6	52,0	-1,3	+10,4
Устье	54,4	48,4	-11,0	48,1	-11,6	-0,6
Заречье	59,3	54,7	-7,8	56,9	-4,0	+4,0
Атлет-17	51,4	47,6	-7,4	53,2	+3,5	+11,8
Жемчуг	54,3	47,3	-12,9	50,9	-6,3	+7,6
Юбилей	50,7	47,7	-5,9	49,7	-2,0	+4,2
Гродно	49,5	46,8	-5,5	51,8	+4,6	+10,7
ИЗС 1	51,4	45,6	-11,3	51,2	-0,4	+12,3
ИЗС 2	52,7	47,1	-10,6	55,1	+4,6	+17,0
ИЗС 4	53,2	43,5	-18,2	50,4	-5,3	+15,9
Дон 3434/09	43,0	38,8	-9,8	41,7	-3,0	+7,5
<i>Среднее</i>	<i>52,4±0,9</i>	<i>47,1±0,8</i>	<i>-10,1</i>	<i>51,3±1,0</i>	<i>-2,1</i>	<i>+8,9</i>
<i>Границы изменчивости</i>	<i>43,0–59,3</i>	<i>38,8–54,7</i>		<i>41,7–58,3</i>		
<i>Кoeffициент вариации, %</i>	<i>7,26</i>	<i>7,39</i>		<i>8,98</i>		

Масса зерна главного колоса является одним из важнейших показателей, используемых для оценки потенциала продуктивности сорта или генотипа.

Биометрический анализ колосьев показал, что при естественном опылении образцов озимого тритикале масса зерна в среднем составила 2,51 г (таблица 3). Наиболее тяжеловесные колосья формировались у образцов *ИЗС 1*, *Импульс* и *Заречье*.

Таблица 3 – Влияние инбридинга на массу зерна главного колоса озимого тритикале (среднее за 2018-2019 гг.)

Образец	Масса зерна, г					
	Контроль	I ₁	± к контролю, %	I ₂	± к контролю, %	± к I ₁ , %
Динамо	2,43	2,26	-7,0	2,38	-2,1	+5,3
Прометей	2,30	2,05	-10,9	2,16	-6,1	+5,4
Импульс	2,65	2,21	-16,6	2,41	-9,1	+9,0
Амулет	2,53	2,18	-13,8	2,59	+2,4	+18,8
Благо 16	2,49	2,33	-6,4	2,46	-1,2	+5,6
Ковчег	2,26	2,13	-5,8	2,31	+2,2	+8,5
Березино	2,51	2,33	-7,2	2,44	-2,8	+4,7
Устье	2,57	2,43	-5,4	2,34	-8,9	-3,7
Заречье	2,64	2,26	-14,4	2,30	-12,9	+1,8
Атлет-17	2,44	2,23	-8,6	2,61	+7,0	+17,0
Жемчуг	2,61	2,39	-8,4	2,67	+2,3	+11,7
Юбилей	2,46	2,00	-18,7	2,23	-9,3	+11,5
Гродно	2,60	2,43	-6,5	2,79	+7,3	+14,8
ИЗС 1	2,72	2,48	-8,8	2,57	-5,5	+3,6
ИЗС 2	2,30	2,10	-8,7	2,26	-1,7	+7,6
ИЗС 4	2,50	2,03	-18,8	2,56	+2,4	+26,1
Дон 3434/09	2,59	2,27	-12,4	2,33	-10,0	+2,6
<i>Среднее</i>	<i>2,51±0,03</i>	<i>2,24±0,04</i>	<i>-10,8</i>	<i>2,44±0,04</i>	<i>-2,8</i>	<i>+8,9</i>
<i>Границы изменчивости</i>	<i>2,26–2,72</i>	<i>2,00–2,48</i>		<i>2,16–2,79</i>		
<i>Коэффициент вариации, %</i>	<i>5,22</i>	<i>6,54</i>		<i>7,08</i>		

Принудительное самоопыление образцов озимого тритикале приводило к снижению массы зерна относительно контроля на 10,8 в первом и 2,8 % во втором поколениях. Первый инбридинг, как и в предыдущих случаях, сопровождался депрессией показателя у всех сортов и сортообразцов тритикале. Снижение массы зерна с колоса более чем на 10% отмечалось у образцов *ИЗС 4*, *Юбилей*, *Импульс*, *Заречье*, *Амулет*, *Дон 3434/09* и *Прометей*.

При повторном инцухтировании дальнейшее снижение массы зерна наблюдалось только у сорта озимого тритикале *Устье*. Аналогичная тенденция имела место ранее при оценке влияния второго инбридинга на озерненность колоса этого сорта. У остальных образцов тритикале отмечалось уменьшение уровня инбредной депрессии, что сопровождалось увеличением массы зерна относительно значений I₁-поколения, вплоть до полного ее отсутствия, как в случае с образцами *Гродно*, *Атлет-17*, *Амулет*, *ИЗС 4*, *Жемчуг* и *Ковчег*.

Масса зерновки озимого тритикале в случае естественного опыления интактных колосьев колебалась от 42,0 (*Динамо*) до 60,2 мг (*Дон 3434/09*) при среднем значении 48,0 мг (таблица 4). Величина инбредной депрессии для выборки в целом была существенно ниже, чем для других показателей и составляла всего 0,4 %. При этом генотипическая изменчивость признака была выше и, соответственно, дифференциация образцов тритикале по массе зерновки при инбридинге носила более выраженный характер.

Таблица 4 – Влияние инбридинга на массу зерновки озимого тритикале (среднее за 2018-2019 гг.)

Образец	Масса зерновки, мг					
	Контроль	I ₁	± к контролю, %	I ₂	± к контролю, %	± к I ₁ , %
Динамо	42,0	42,9	+2,1	40,8	-2,9	-4,9
Прометей	48,4	45,6	-5,8	47,4	-2,1	+3,9
Импульс	47,1	46,5	-1,3	48,7	+3,4	+4,7
Амулет	47,5	46,5	-2,1	46,8	-1,5	+0,6
Благо 16	47,3	46,7	-1,3	44,6	-5,7	-4,5
Ковчег	44,7	47,8	+6,9	48,7	+8,9	+1,9
Березино	47,6	49,5	+4,0	46,9	-1,5	-5,3
Устье	47,2	50,2	+6,4	48,6	+3,0	-3,2
Заречье	44,5	41,3	-7,2	40,4	-9,2	-2,2
Атлет-17	47,5	46,8	-1,5	49,1	+3,4	+4,9
Жемчуг	48,1	50,5	+5,0	52,5	+9,1	+4,0
Юбилей	48,5	41,9	-13,6	44,9	-7,4	+7,2
Гродно	52,5	51,9	-1,1	53,9	+2,7	+3,9
ИЗС 1	52,9	54,4	+2,8	50,2	-5,1	-7,7
ИЗС 2	43,6	44,6	+2,3	41,0	-6,0	-8,1
ИЗС 4	47,0	46,7	-0,6	50,8	+8,1	+8,8
Дон 3434/09	60,2	58,5	-2,8	55,9	-7,1	-4,4
<i>Среднее</i>	<i>48,0±1,0</i>	<i>47,8±1,1</i>	<i>-0,4</i>	<i>47,7±1,1</i>	<i>-0,6</i>	<i>-0,2</i>
<i>Границы изменчивости</i>	<i>42,0–60,2</i>	<i>41,3–58,5</i>		<i>40,4–55,9</i>		
<i>Коэффициент вариации, %</i>	<i>8,64</i>	<i>9,27</i>		<i>9,29</i>		

Следует отметить, что при первом инцухте инбредная депрессия завязываемости, озерненности и массы зерна наблюдалась у всех анализируемых образцов озимого тритикале. В случае с массой зерновки у семи образцов депрессивный эффект отсутствовал; еще у семи – был незначительным (<5%) и только три сорта – *Юбилей*, *Заречье* и *Прометей* оказались наиболее восприимчивыми к инбридингу по этому показателю. Отсутствие инбредной депрессии у таких образцов как *Ковчег*, *Устье*, *Жемчуг*, *Березино*, *ИЗС 1*, *ИЗС 2* и *Динамо* связано, по-видимому, с усилением аттрагирующей способности колоса при уменьшении его озерненности [6].

Постепенное снижение массы зерновки от контроля к I₂ отмечалось у сортов *Благо 16*, *Заречье* и *Дон 3434/09*; повышение – у сортов *Ковчег* и *Жемчуг*. У остальных образцов озимого тритикале изменение показателя при первом и втором инцухте носило разнонаправленный характер. Максимальная депрессия массы зерновки по результатам двукратного принудительного самоопыления отмечалась у сортов *Заречье* и *Юбилей*.

Корреляционный анализ взаимосвязей между изученными элементами продуктивности колоса озимого тритикале показал, что варианты опыления не оказывали определяющего влияния на величину коэффициентов корреляции и направление связей (таблица 5).

Таблица 5 – Взаимосвязи между элементами продуктивности главного колоса образцов озимого тритикале и вариантами опыления (среднее за 2018-2019 гг.)

Пары признаков	Коэффициент парной корреляции (r)		
	Вариант опыления		
	Контроль	I ₁	I ₂
Завязываемость – количество зерен	0,759**	0,698**	0,787**
Завязываемость – масса зерна	0,335	0,046	0,242
Завязываемость – количество зерен	-0,442	-0,514*	-0,506*
Количество зерен – масса зерна	0,209	0,172	0,253
Количество зерен – масса зерновки	-0,768**	-0,696**	-0,702**
Масса зерна – масса зерновки	0,456	0,578*	0,505*

* Достоверно при P_{0,05}; ** при P_{0,01}

Выявленные достоверные положительные зависимости между завязываемостью и озерненностью колоса и отрицательные – между количеством зерен и массой зерновки – характеризовались близкими значениями коэффициентов корреляции для всех вариантов опыления. Принудительное опыление колосьев озимого тритикале в большей степени способствовало проявлению достоверных зависимостей, что объясняется контролируемостью этого процесса в отличие от естественного свободного опыления.

Заключение

В результате проведенных исследований установили, что реакция сортов и сортообразцов озимого тритикале на принудительное самоопыление и его кратность носила избирательный характер. Наибольший депрессивный эффект отмечался при первом инбридинге; повторное самоопыление сопровождалось заметно менее выраженной инбредной депрессией и даже ее отсутствием у отдельных образцов тритикале. Высокая степень инцухт-толерантности и (или) быстрое достижение инцухт-минимума отмечались у сортов озимого тритикале *Атлет-17*, *Благо 16*, *Амулет*, *Динамо* и *Гродно*. Максимальный уровень инбредной депрессии важнейшего показателя продуктивности – массы зерна с колоса – по результатам двукратного инцухтирования наблюдался у сортов *Заречье*, *Дон 3434/09*, *Юбилей*, *Импульс* и *Устье*.

Наиболее восприимчивыми к инбридингу оказались такие показатели продуктивности колоса озимого тритикале как «количество зерен» и «масса зерна». В отличие от них величина показателя «масса зерновки» для выборки в целом практически не изменялась. Тем не менее, именно этот показатель в наибольшей степени отражал сортовую специфику инбредной депрессии у изученных образцов озимого тритикале.

Литература

1. Дубинин, Н.П. Генетика популяций и селекция / Н.П. Дубинин, Я.Л. Глембоцкий. – М.: Наука, 1967. – 592 с.
2. Дударева, О.В. Биологические особенности репродуктивной системы тритикале и их использование в селекции на озерненность: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / О.В. Дударева; Брянская ГСХА. – Брянск, 2005. – 18 с.
3. Кильчевская, О.С. Особенности цветения и опыления тритикале: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05 / О.С. Кильчевская; НИИСХ Центральных районов Нечерноземной зоны. – Немчиновка, 1983. – 16 с.
4. Комаров, Н.М. Ход цветения у озимого гексаплоидного тритикале / Н.М. Комаров // Бюллетень Ставропольского НИИСХ. – 2015. – № 7. – С. 150–161.
5. Митрошина, О.В. Избирательность оплодотворения у сортов вторичной гексаплоидной тритикале: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05 / О.В. Митрошина; РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва, 2015. – 25 с.
6. Никитина, Е.А. Некоторые результаты изучения биологии опыления озимой гексаплоидной тритикале / Е.А. Никитина, В.В. Пыльнев, В.С. Рубец // Доклады ТСХА. – 2011. – Вып. 283, Ч. 1. – С.178–183.
7. Пшеницы мира / сост. В.Ф. Дорофеев, под ред. Д.Д. Брежнева. – Л.: Колос, 1976. – 487 с.
8. Рубец, В.С. Первичное открытое цветение и величина спонтанного перекрестного опыления озимой тритикале / В.С. Рубец, А.В Широколава, О.В. Митрошина, В.В. Пыльнев // Труды КубГАУ. – 2016. – № 2 (59). – С. 320–326.
9. Симинел, В.Д. Особенности биологии цветения, опыления и оплодотворения тритикале / В.Д. Симинел, О.С. Кильчевская. – Кишинев: «Штиинца», 1984. – 152 с.
10. Шишлова, Н.П. Влияние способа опыления на завязываемость и продуктивность колоса озимого тритикале / Н.П. Шишлова // 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. 295–303.

EFFECT OF INBREEDING ON PRODUCTIVITY OF WINTER TRITICALE EAR N.P. Shishlova

The paper demonstrates the results of studying the effect of inbreeding in two generations on formation and productivity of the main ear of winter triticales varieties. It's established that the value of inbreeding depression is determined by variety specific characters and frequency of inbreeding. The maximum depression effect is observed with the first inbreeding of triticales accessions, with secondary inbreeding the effect goes down significantly or isn't observed at all. The winter triticales varieties Atlet-17, Blago 16, Amulet, Dinamo and Grodno are characterized by a high degree of inbreeding tolerance and/or fast obtaining inbreeding minimum.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНОФОНДА

*С.И. Гриб, доктор с.-х. наук, В.Н. Бушневич, Е.И. Позняк,
кандидаты с.-х. наук, В.А. Бандарчук*

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 02.03.2020)

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

Аннотация. *Приведены результаты исследований по выявлению оптимальной высоты растений у 52 сортов коллекции тритикале озимого из Беларуси, России, Украины и Польши с целью определения критериев отбора для создания высокопродуктивных сортов.*

Введение. Благодаря селекционным достижениям растет производство растениеводческой продукции, расширяется ее разнообразие по показателям качества и возможностям хозяйственного использования. Вместе с тем постоянно увеличивается спрос на новые сорта, обладающие комплексом ценных признаков, способные давать высокие и стабильные урожаи экологически безопасной продукции высокого качества в разнообразных условиях среды и позволяющие использовать энергосберегающие и природоохранные агротехнологии [1, 2, 3].

Для создания новых, хорошо адаптированных к условиям возделывания и способных реализовать генетический потенциал в условиях конкретной местности сортов, необходимо вовлекать в селекционный процесс разнообразный коллекционный материал, отвечающий требованиям современного производства, а также оценивать вклад различных компонентов в формировании урожайности сорта [4–7].

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» изучению сортового материала из Польши, Беларуси, России и Украины уделяется основное внимание, так как он составляет основу исходного материала для создания сортов тритикале озимого [8].

Методика и условия проведения исследований. В 2017-2019 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области выявляли оптимальную высоту растений, при которой формировалась максимальная урожайность зерна у 52 сортов коллекции тритикале озимого из Беларуси (*Атлет-17, Березино, Благо, Гродно, Динамо, Жемчуг, Жниво, Заречье, Импульс, Ковчег, Прометей, Пятрусь, Руно, Устье, Эра, Юбилей*), России (*Аграф, Бард, Варвара, Водолей, Дон, Жнец, Корнет, Немчиновский 56, Рамзес, Трибун, Трибун-2, Хлебобоб*), Украины (*Амос, Атлет, Шаланда, Интерес, Маркьян, Никанор, Папсуэвська, Паритет, Тризуб, Ярослава*) и Польши (*Aliko, Alzo, Anvo, Argento, Asvo, Bablo, Baltiko, Barwo, Dinaro, Grenado, Krakowiak, Marko, Moderato, Witon*).

Погодные условия в годы исследований существенно различались как по температурному режиму, так и по влагообеспеченности. Вегетационный период 2018 г. был экстремальным по влагообеспеченности. Засуха в мае и начале июня при недостаточном количестве осадков 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 щуплых зерен.

Погодные условия конца 2018 г. – начала 2019 г. способствовали созданию провокационных условий для развития снежной плесени в посевах тритикале озимого, что привело к значительному снижению перезимовки некоторых коллекционных образцов. Прохладная и дождливая погода в первой декаде мая существенно улучшила условия для роста и развития растений озимых зерновых. Однако высокая температура воздуха в период формирования зерна не способствовала его хорошему наливу, что привело к существенному снижению массы 1000 семян у большинства образцов коллекции.

Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,1–2,3%, рН КС1 – 5,8–6,2, подвижный P_2O_5 – 220–260 мг/кг, обменный K_2O – 200–300 мг/кг). Предшественник – овес.

Минеральные удобрения в дозе $P_{80}K_{120}$ 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.

Площадь делянки 5 м², норма высева – 450 зерен на 1 м². Посев проводили в оптимальные для культуры сроки.

Для статистической обработки данных использовали программу Statistica 10.

Результаты исследований и их обсуждение. Неблагоприятные метеорологические условия 2018-2019 гг. привели к значительному снижению урожайности некоторых образцов коллекции тритикале озимого. В результате этого в среднем за годы исследований величина данного показателя у групп белорусских, польских, российских и украинских сортов была не очень высокой и составила 59,6; 52,2; 56,2 и 62,3 ц/га соответственно. Максимальную урожайность зерна в среднем по группам происхождения сформировали сорта *Трибун* (RUS), *Березино* (BLR), *Маркiян* (UKR) и *Borwo* (POL) – 71,5; 70,2; 69,5; и 58,8 ц/га соответственно. У контроля *Динамо* величина данного показателя составила 60,0 ц/га.

На основании проведенных исследований установлено, что изучаемые сорта по-разному реагировали на погодные условия, складывающиеся в период вегетации растений. Так, в годы исследований варьирование урожайности зерна было высоким у сортов *Хлебороб* (31,1 ц/га) и *Бард* (19,6 ц/га) (RUS), *Импульс* (23,1 ц/га), *Устье* (19,6 ц/га), *Заречье* (19,3 ц/га), *Ковчег* (18,8 ц/га), *Руно* (18,4 ц/га) и *Прометей* (17,5 ц/га) (BLR), *Grenado* (21,8 ц/га), *Bablo* (18,3 ц/га) и *Aswo* (16,4 ц/га) (POL) и *Ярослава* (13,3 ц/га) (UKR). Наиболее стабильной по

годам урожайность зерна была у сортов *Witon* (0,3 ц/га) (POL), *Корнет* (0,4 ц/га), *Дон* (0,4 ц/га) и *Немчиновский 56* (1,2 ц/га) (RUS), *Интерес* (0,5 ц/га) (UKR), *Эра* (1,0 ц/га), *Березино* (1,1 ц/га) и *Жниво* (1,5 ц/га) (BLR).

Высокая урожайность зерновых культур в сочетании с устойчивостью к полеганию – основной критерий эффективности современной селекции. Известно, что за счет полегания урожайность зерна может снижаться на 10–50 % [9, 10]. Повышение устойчивости к данному признаку у зерновых культур достигается, в первую очередь, за счет снижения высоты стебля. Однако низкорослые растения, как правило, формируют невысокую урожайность зерна.

В последнее время в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» при создании новых сортов тритикале озимого особое внимание уделяется высокоурожайным, короткостебельным образцам коллекции. Поэтому в настоящее время прослеживается тенденция снижения высоты растений в коллекционном питомнике. Так, в среднем за годы исследований у сортов коллекции из России, Беларуси, Украины и Польши высота растений тритикале существенно не отличалась и составила 108; 109; 109 и 112 см соответственно. Самыми высокорослыми в среднем по группам происхождения оказались сорта *Аграф* (RUS), *Пансуэвське* (UKR), *Bablo* (POL) и *Прометей* (BLR) – 152; 140; 126 и 121 см соответственно, а сорта *Рамзес* (RUS), *Ковчег* (BLR), *Dinaro* и *Grenado* (POL), *Ярослава* (UKR) были наиболее короткостебельными (77; 83; 85; 85 и 93 см). Высота растений у контроля *Динамо* в среднем за годы исследований составила 113 см.

В результате проведенных исследований установлено, что в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода высота растений у изучаемых сортов коллекции варьировала в разной степени. Так, величина данного показателя наиболее существенно варьировала (изменения превышали 25 см) у сортов *Пансуэвське* (43 см), *Тризуб* (35 см) и *Шаланда* (32 см) (UKR), *Немчиновский 56* (37 см), *Варвара* (37 см), *Аграф* (33 см), *Хлебобоб* (30 см) и *Дон* (26 см) (RUS), *Bablo* (34 см) и *Vorwo* (29 см) (POL) и *Пятрусь* (26 см) (BLR). Высота растений была наиболее стабильной (изменения не превышали 10 см) у сортов *Березино* (4 см), *Атлет-17* (4 см), *Руно* (8 см), *Благо* (9 см) и *Гродно* (9 см) (BLR), *Marko* (8 см) (POL), *Бард* (9 см) и *Корнет* (10 см) (RUS), *Маркьян* (10 см) (UKR).

На основании анализа полученных результатов выявлено, что при скрининге коллекционного материала из Беларуси особое внимание следует уделять таким сортам тритикале озимого как *Руно*, *Пятрусь*, *Жниво*, *Березино*, высота растений которых варьирует от 114 до 120 см, так как в условиях Беларуси при такой длине стебля в среднем у данных сортов была сформирована наиболее высокая урожайность зерна – 61,1; 67,7; 69,1 и 70,2 ц/га соответственно (рисунок 1). В то же время при высоте растений более 120 см не только происходит снижение урожайности зерна, но и увеличивается вероятность полегания посевов тритикале озимого.

У группы сортов из России прослеживалась иная закономерность. В среднем за годы исследований урожайность зерна более 60 ц/га была отмечена у более короткостебельных (с высотой растений от 104 до 116 см) сортов кол-

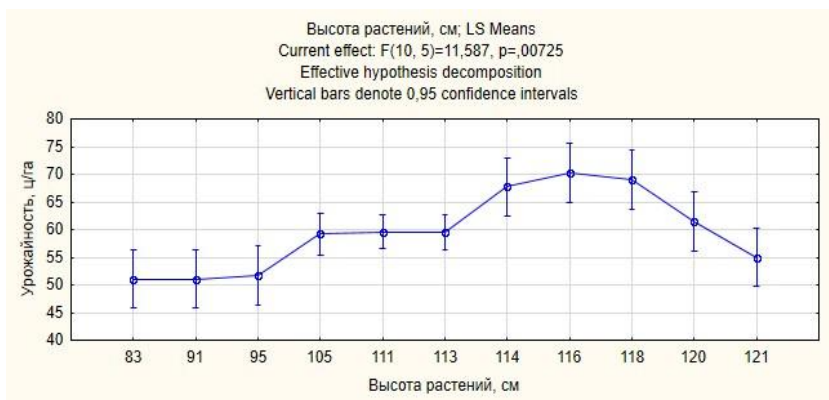


Рисунок 1 – Взаимосвязь между урожайностью и высотой растений у сортов коллекции из Беларуси (среднее за 2017–2019 гг.)

лекции (*Немчиновский 56, Корнет, Жнец, Бард, Трибун*) (рисунок 2). Величина данного показателя у перечисленных сортов составила 62,1; 65,9; 66,9; 68,6 и 71,5 ц/га соответственно.

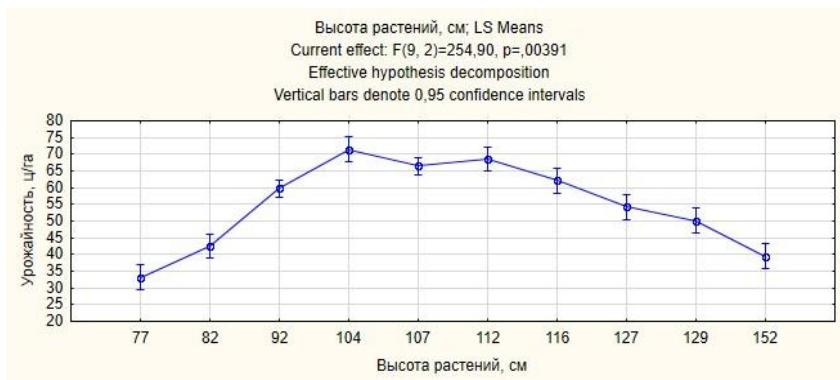


Рисунок 2 – Взаимосвязь между урожайностью и высотой растений у сортов коллекции из России (среднее за 2017-2019 гг.)

На основании анализа данных было выявлено, что в среднем за годы исследований у сортов коллекции из Украины наиболее продуктивными (61,7; 66,5; 67,9; 68,4; 68,5 и 69,5 ц/га) были – *Интерес, Атлет, Никанор, Тризуб, Раритет, Маркіян*, высота растений, которых варьировала от 100 до 110 см (рисунок 3).

В коллекции тритикале озимого из Польши в среднем наиболее урожайными (54,1; 55,5; 55,8; 56,2; 56,7; 58,0 и 58,8 ц/га) были сорта (*Argento, Moderato, Marko, Anvo, Witon, Asvo и Borwo*) с высотой растений от 109 до 121

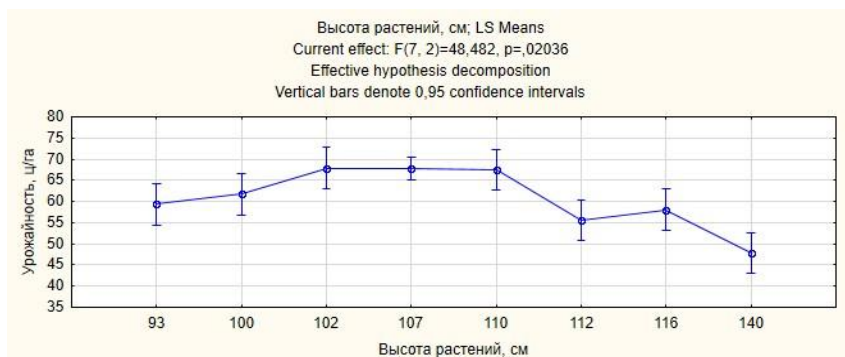


Рисунок 3 – Взаимосвязь между урожайностью и высотой растений у сортов коллекции из Украины (среднее за 2017-2019 гг.)

см. Необходимо отметить, что при дальнейшем увеличении высоты растений в данной группе происходило резкое снижение их урожайности (рисунок 4).

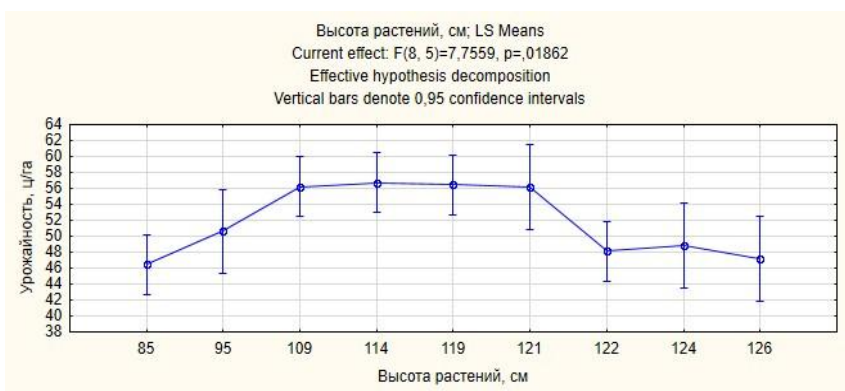


Рисунок 4 – Взаимосвязь между урожайностью и высотой растений у сортов коллекции из Польши (среднее за 2017-2019 гг.)

Выводы

1. У групп сортов коллекции тритикале озимого различного эколого-географического происхождения в условиях Беларуси выявлена оптимальная высота растений, при которой формируется максимальная урожайность зерна.

2. В селекции на высокую урожайность зерна наибольший интерес представляют:

– сорта коллекции из Беларуси (*Руно*, *Пятрусь*, *Жниво*, *Березино*) с высотой растений от 114 до 120 см;

– сорта коллекции из России (*Немчиновский 56*, *Корнет*, *Жнец*, *Бард*, *Трибун*) с высотой растений от 104 до 116 см;

– сорта коллекции из Украины (*Интерес, Атлет, Никанор, Тризуб, Парусет, Маркян*) с высотой растений от 100 до 110 см;

– сорта коллекции из Польши (*Argento, Moderato, Marko, Anvo, Witon, Asvo, Vorwo*) с высотой растений от 109 до 121 см.

3. Выявленные различия по оптимальной высоте растений, при которой формируется высокая урожайность зерна у групп сортов коллекции тритикале озимого из Беларуси, Польши, России и Украины целесообразно использовать при создании новых сортов.

Литература

1. Грiб, С.И. Генофонд, методы и результаты селекции тритикале в Беларуси / С.И. Грiб // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2014. – №3. – С. 40-45.

2. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство (экологические основы) : в 3 т. / А.А. Жученко. – М. : Изд-во Агрорус, 2009. – Т.1.– 814 с.

3. Кильчевский, А.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск : Тэхналогія, 1997. – 372 с.

4. Ковтун, В.И. Селекция высоко адаптивных сортов озимой мягкой пшеницы и нетрадиционные элементы технологии их возделывания в засушливых условиях юга России / В.И. Ковтун // – Ростов на Дону, 2002. – 320 с.

5. Сандухадзе, Б.И. Научные основы селекции озимой пшеницы в Нечерноземной зоне России / Б.И. Сандухадзе, М.И. Рыбакова, З.А. Морозова. – М.: МГИУ, 2003. – 426 с.

6. Грабовец, А.И. Озимая пшеница: монография / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко. – Ростов на Дону: ООО «Издательство «Юг», 2007. – 600 с.

7. Прянишников, А.И. Развитие методов, используемых в селекционном процессе в адаптивном растениеводстве / А.И. Прянишников, Р.Г. Сайфуллин, С.В. Лящева // Аграрный научный журнал. – 2015. – №10. – С. 20–23.

8. Урожайность зерна и адаптивность сортов коллекции тритикале озимого в Беларуси / С.И. Грiб [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, 2017. – Вып. 53. – С. 281-288.

9. Альдеров, А.А. Генетические основы низкорослости тетраплоидных пшениц и стратегия создания нового исходного материала для селекции : автореф. дис. ... доктора биол. наук : 03.00.15, 06.01.05 / А.А. Альдеров ; ВИР. – Санкт-Петербург, 1991. – 42 с.

10. Куркиев, К.У. Селекционно-ценные, устойчивые к полеганию линии гексаплоидного тритикале / К.У. Куркиев, У.К. Куркиев // Зерновое хозяйство. – 2008. – № 1-2. – С. 51-53.

DETERMINATION OF THE OPTIMUM HEIGHT OF PLANTS FOR WINTER TRITICALE BREEDING IN BELARUS ON THE BASIS OF GENE POOL STUDIES

S.I. Grib, V.N. Bushtevich, E.I. Poznyak, V.A. Bandarchuk

The article states the research results on determining the optimum height of plants of 52 varieties of the winter triticale collection from Belarus, Russia, the Ukraine and Poland in order to establish the selection criteria for creating high-yield varieties.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКОТОКСИНОВ В СЕЛЕКТИВНЫХ СРЕДАХ *IN VITRO* В СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Е.Н. Кулинкович, канд. с.-х. наук, **Н.Л.Ермоленко**, науч. сотр.,
М.В. Кадырова, науч. сотр.

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 16.03.2020)

Рецензент: Шашко Ю.К., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Изучена возможность использования фильтрата культуральной жидкости (ФКЖ) *Fusarium culmorum* в качестве селективирующего фактора при оценке устойчивости сортообразцов и отборе устойчивых генотипов яровой пшеницы. Определено, что оптимальной для отбора потенциально устойчивых генотипов является 25% концентрация ФКЖ. Для предварительной оценки на устойчивость образца рекомендуется использовать показатель интенсивности регенерации, а отбор устойчивых генотипов следует проводить с учетом длины coleoptиле и корней регенерантов.

Введение. Одним из основных факторов, оказывающих отрицательное влияние не только на количество, но и на качество сельскохозяйственной продукции, продолжает оставаться поражение посевов болезнями, а наиболее надежным, экономически выгодным и экологически безопасным способом борьбы с патогенными микроорганизмами – создание устойчивых к ним сортов. Необходимым условием в работе по созданию болезнеустойчивых сортов является поиск новых критериев и факторов отбора. Перспективным путем решения этой задачи является использование фитотоксичных метаболитов грибов, содержащихся в культуральном субстрате, что позволяет резко расширить масштабы иммунологического скрининга и сократить время их проведения. Так, при использовании культуральных фильтратов патогенов в качестве селективирующего агента в культуре *in vitro* получены растения-регенеранты с различной степенью устойчивости к болезням у картофеля, томатов, сахарного тростника, люцерны, клевера лугового [1]. Для получения форм пшеницы, выносливых к гельминтоспориозной корневой гнили, в НИИСХ Юго-Востока применяли метод отбора *in vitro* соматклонов пшеницы, выносливых к токсину гриба *B. sorokiniana*, используя в качестве селективирующего агента культуральный фильтрат местных патотипов гриба [2].

Наиболее опасными фитопатогенными токсинообразующими грибами являются грибы рода *Fusarium*. Отмечено, что иммунных к фузариозу сортов зерновых культур нет, имеются различия только по степени устойчивости к патогену [3]. При этом возделывание сортов, имеющих даже небольшое преимущество по устойчивости над контрольными сортами, позволяет сдерживать распространение и развитие заболевания в производственных условиях [4]. Поскольку устойчивость растений к фузариозу является неспецифической, т.е. сорт, устойчивый к одному виду грибов рода, проявляет устойчивость и к дру-

гим видам, для работы нами были использованы штаммы *F. culmorum*. Этот представитель патогенного комплекса наряду с *F. graminearum* является основным продуцентом дезоксиниваленола (ДОН), но, в отличие от последнего, более удобен в лабораторной работе, так как лучше растет и спороносит на искусственной питательной среде [5, 7].

Цель исследований – усовершенствовать методику отбора устойчивых генотипов на селективных средах в культуре *in vitro* и с ее применением получить новые высокопродуктивные устойчивые к фузариозу колоса генотипы мягкой пшеницы.

Материал и методика. Исследования проводили в лабораториях биохимии и биотехнологии, и иммунитета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2019-2020 гг. Материал для биотехнологических работ выращивали в фитотронно-тепличном комплексе. Для усовершенствования методики отбора устойчивых к фузариозу колоса генотипов были использовались сортообразцы яровой пшеницы *Синтез* остистый и *Синтез* безостый. Отработку эффективных концентраций культуральной жидкости *F. culmorum* для селективного отбора проводили на незрелых зародышах этих сортообразцов.

Для выделения вирулентных штаммов *F. culmorum* в качестве источника инфекции использовали зерно яровой пшеницы, на котором визуально было отмечено присутствие гриба. Зерно закладывалось во влажную камеру, при появлении хорошо развитого мицелия проводилось микрофотографирование для подтверждения принадлежности патогена к данному виду. Выделенные штаммы пересеивались на твердую искусственную питательную среду. В качестве питательного субстрата использовали картофельно-глюкозный агар (КГА), содержащий 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 [4, 5]. Через 1 неделю после полного заполнения мицелием чашек Петри проводилось контрольное микрофотографирование с последующим размножением штамма на твердой питательной среде (КГА).

В качестве селективного фактора для отбора растений мягкой пшеницы, потенциально устойчивых к фузариозу колоса, использовался фильтрат культуральной жидкости (ФКЖ) *F. culmorum*. Для подбора оптимальной концентрации 1/8 часть агара с чашки Петри с растущим на нем патогеном переносилась в колбу с 200 мл стерильной жидкой картофельно-глюкозной питательной среды с добавлением антибиотика. Колбы с патогеном выдерживали в термостате при температуре +25 °С и культивировались в течение трех разных сроков. После культивирования в течение 14, 21 и 28 суток и последующей фильтрации получали культуральную жидкость соответствующих сроков культивирования.

Полученный фильтрат культуральной жидкости (ФКЖ) разводили в твердой питательной среде МС в концентрациях 10, 20 и 30% с последующей стерилизацией в автоклаве для уничтожения спор гриба и остатков мицелия. На данные питательные среды были высажены зародыши яровой пшеницы *Син-*

тез (остистая и безостая формы) с целью выявления оптимальной концентрации культуральной жидкости. В каждом варианте опыта было высажено по 40 эксплантов.

Результаты и обсуждение. На первоначальном этапе нашей работы было необходимо решить две задачи: выбрать оптимальную концентрацию селективирующего фактора, для чего проводили сравнительный анализ по устойчивости к ФКЖ с концентрацией в искусственной питательной среде 10, 20 и 30%; проверить информативность и корректность выбранных показателей, по которым возможна оценка сортообразцов на устойчивость к патогену. Данную работу проводили на двух сортообразцах яровой мягкой пшеницы *Синтез* безостый и *Синтез* остистый, имеющих одинаковую родословную.

Анализ литературных данных показал, что достаточно часто исследователи считают, что показателем, характеризующим устойчивость сортообразца, является интенсивность нарастания массы каллуса в среде с патогеном [1]. Поэтому первоначально экспланты были посажены на каллусогенную среду и в качестве показателей для оценки устойчивости к микотоксинам изучались два признака – интенсивность регенерации и размеры колеоптиле.

Анализ полученных результатов (таблица 1) показал, что при использовании 14-дневного ФКЖ наблюдается значительное угнетение как развития зародышей, так и процессов каллусогенеза на всех селективных средах по сравнению с контролем. У *Синтеза* безостого средняя длина колеоптиле в контроле составила 2,44 см, а на средах с токсинами данный показатель уменьшился до 1,21 см. Остистая форма сортообразца *Синтез* отличается более крупными размерами зерновки и растения в целом, однако у нее отмечено еще более значительное угнетение длины колеоптиле (с 4,3 см до 1,9 см). При выращивании на среде с добавлением 30% ФКЖ у данного сортообразца наблюдалась полная гибель эксплантов.

Таблица 1 – Изучение устойчивости сортообразцов яровой пшеницы к микотоксинам *F. culmorum* при различных концентрациях ФКЖ в питательной среде

Синтез безостый			Синтез остистый		
Длина колеоптиле, см	Варьирование длины колеоптиле, см	Интенсивность регенерации, %	Длина колеоптиле, см	Варьирование длины колеоптиле, см	Интенсивность регенерации, %
Контроль					
2,44	0,2-5,2	55,0	4,3	0,5-8,4	40,0
10% ФКЖ					
1,21	0,3-4,4	55,0	2,5	0,5-5,2	15,0
20% ФКЖ					
1,83	0,1-4,7	65,0	0,95	0-1,9	5,0
30% ФКЖ					
1,75	0,2-4,3	50,0	-	-	0

Что касается такого показателя, как интенсивность регенерации, представляющего собой отношение выживших эксплантов к общему числу высаженных эксплантов, то по данному признаку имеются существенные сортовые отличия. Так, у сортообразца *Синтез* остистый отмечена четкая тенденция к резкому снижению данного показателя (от 40 % в контроле до 0) по мере роста концентрации ФКЖ в питательной среде. *Синтез* безостый имел стабильно высокий показатель данного признака (50–65 %), максимум по данному признаку отмечен при 20 % ФКЖ в питательной среде. Общеизвестно, что остистые формы пшеницы более устойчивы к заражению фузариозом колоса, чем безостые. Однако, учитывая показатель «интенсивность регенерации», можно предположить, что сортообразец *Синтез* безостый будет более устойчив к фузариозу, чем *Синтез* остистый, что было подтверждено проведенной позднее фитоэкспертизой семян, полученных от данных растений. Возможно, в этом случае подтверждается тот факт, что устойчивость, обусловленная морфологическими признаками, способствующими ухудшению условий для проникновения патогена, имеет большее значение в естественных условиях [4]. Таким образом, даже на примере 2 сортообразцов со сходной родословной, отмечаются четкие различия по изучаемым признакам.

В нашей работе мы также изучили влияние на незрелые проростки ФКЖ *F. culmorum* с разным количеством дней культивирования гриба. Мы исходили из предположения, что при увеличении продолжительности культивирования патогена на питательной среде идет увеличение накопления микотоксинов и гормонов роста. В таблице 2 приведены результаты сравнительного изучения влияния микотоксинов при 14- и 21-дневном культивировании. Особенностью данного опыта было то, что при 21-дневном культивировании в варианте с *Синтезом* остистым на 7 сутки, когда проводился первый сьем информации, не наблюдалось ни регенерации, ни роста и развития зародыша. Развитие зародышей началось только спустя 2 недели. Таким образом, отмечена значительная задержка в развитии регенерантов данного образца.

Таблица 2 – Устойчивость яровой пшеницы *Синтез* остистый к микотоксинам при 14- и 21- дневной культивировании *F. Culmorum*

Вариант	Средняя длина coleoptиле, см	Варьирование длины coleoptиле, см
при 14-дневном культивировании <i>F. culmorum</i>		
Контроль	4,3	0,5-8,4
10% ФКЖ	2,5	0,5-5,2
20% ФКЖ	1,9	0,0-1,9
30% ФКЖ	-	-
при 21-дневном культивировании <i>F. culmorum</i>		
Контроль	1,2	0,3-2,0
10% ФКЖ	1,3	0,3-3,7
20% ФКЖ	3,5	1,0-7,0
30% ФКЖ	0,8	0,2-1,5

При анализе данных по длине coleoptile на среде с ФКЖ при 14-дневном культивировании *F. culmorum* отмечено сильное угнетение по данному признаку. По мере повышения концентрации шло снижение как средней длины coleoptile, так и размаха варьирования (2,5 см – 0 см). В варианте с 21-дневной ФКЖ отмечено увеличение размеров coleoptile по мере повышения концентрации с 10 % до 20 % (1,3 см – 3,5 см) и угнетение до 0,8 см при 30 % концентрации. По нашим предположениям, такой стимулирующий эффект в первом случае вызывается дополнительной дозой гормонов роста (гиббереллиновой группы), выделяемых растущим мицелием, полученной с культуральной жидкостью. По мере повышения концентрации концентрации микотоксинов данный стимулирующий эффект постепенно нивелируется.

Анализ полученных данных позволил нам остановиться на варианте с 20–25 % концентрации ФКЖ и 14-дневном культивировании *F. culmorum* как наиболее оптимальной. При данной концентрации не отмечено полной гибели изучаемых эксплантов при 30-ти процентной концентрации, и есть возможность отобрать потенциально устойчивые генотипы.

С целью дальнейшего изучения наследования генов устойчивости полученные регенеранты дорастивались в ФТК. Из них были сформированы потенциально устойчивые популяции и высеяны в сосуды для дальнейшей оценки на устойчивость к фузариозу колоса в условиях *in vitro* при искусственном заражении.

Выводы

1. Изученные сортообразцы яровой пшеницы *Синтез* безостый и *Синтез* остистый значительно различались между собой по устойчивости к микотоксинам. Так, при культивировании на среде с 30 % фильтрата культуральной жидкости на 14 день наблюдалась полная гибель зародышей яровой пшеницы остистой формы *Синтез* в сравнении с аналогичным вариантом безостой формы, где гибели не отмечено, и длина coleoptile в среднем составила 1,75 см.

2. Для предварительной оценки образцов на устойчивость к фузариозу рекомендуется использовать показатель интенсивности регенерации, а для отбора устойчивых генотипов необходимо учитывать значения длины coleoptile у регенерантов.

3. Оптимальной, обладающей достаточной селективностью средой для отбора потенциально устойчивых к фузариозу генотипов является среда с 20–25 % концентрацией ФКЖ после 14-дневного культивирования патогена.

Литература

1. Мепаришвили, Г.В. Использование соматональной изменчивости в создании форм пшеницы, устойчивых к фузариозу: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.11 / Г.В. Мепаришвили. – Москва, 2003. – 121 с.
2. Биотехнологические методы в селекции болезнеустойчивых сортов пшеницы / М.Л. Веденеева [и др.] // Первая Всероссийская конференция по иммунитету растений к болезням и вредителям: посвящается 300-летию Санкт-Петербурга. – С-Пб, 2002. – С.157–158.
3. Фузариоз зерновых культур / Т.Ю. Гагкаева [и др.] // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». – 2011. – №5. – 51 с.

4. Пшеница и тритикале: материалы науч.-практич. конф. «Зеленая революция П.П. Лукьяненко». – Краснодар, 2001. – 800 с.

5. 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.

6. Диагностика основных грибных болезней хлебных злаков / ВНИИ защиты растений; сост. Т.И. Ишкова [и др.]. – С-Пб, 2008. – 76 с.

7. *Шашко, Ю.К.* Методические аспекты оценки устойчивости пшеницы к фузариозу колоса в селекционном процессе / Ю.К. Шашко [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2016. – №5(108). – С. 21–24.

APPLICATION OF MICOTOXINS IN SELECTIVE MEDIA *IN VITRO* IN SPRING WHEAT BREEDING

E.N. Kulinkovich, N.L. Ermolenko, M.V. Kadyrova

The possibility of using cultural liquid filtrate Fusarium culmorum as a selective factor in evaluating variety resistance and selecting spring wheat resistant genotypes is studied. It's identified that the cultural liquid filtrate concentration of 25 % is optimal for selecting potentially resistant genotypes. For preliminary evaluation of accession's resistance it's recommended to use the indicator of a regeneration rate, and selection of resistant genotypes should be made taking into account the length of coleoptile and regenerate roots.

УДК 633.13:631.526.3

ИСТОЧНИКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В КОЛЛЕКЦИИ ОВСА ПОСЕВНОГО

*А.А. Трушко, магистр с.-х. наук, С.П. Халецкий, кандидат с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 29.04.2020)*

Рецензент: Бущевич В.Н., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *В статье представлены результаты изучения образцов овса посевного из мировой коллекции с целью выявления источников хозяйственно-ценных признаков (урожайность, масса 1000 зерен, число зерен в метелке, высота растений, содержание белка, пленчатость зерна, устойчивость к болезням и полеганию, скороспелость) для целенаправленного использования в селекционном процессе в условиях Беларуси. Выделены и предложены в качестве потенциальных источников хозяйственно-ценных признаков овса посевного коллекционные сортообразцы: высокоурожайные, короткостебельные, с большой массой 1000 зерен, устойчивые к корончатой ржавчине (на уровне 7-8 баллов), с высоким содержанием белка в зерне и низкой пленчатостью зерна.*

Введение. В Республике Беларусь в последние годы овес возделывается на площади 150–170 тыс. га. При урожайности 25,5–34,5 ц/га валовые сборы зерна составляют 350–520 тыс. тонн, что позволяет обеспечить биологически и энергетически ценным сырьем предприятия по производству диетических про-

дуктов питания человека и сбалансированных комбикормов для животноводства. Около 10 % зерна используется для формирования семенного фонда.

Инновационной основой повышения уровня производства зерна любой культуры являются высокопродуктивные сорта, успешно прошедшие Государственное сортоиспытание. В настоящее время 98 % посевов овса в Республике Беларусь занимают конкурентоспособные сорта, созданные в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Селекционный процесс по созданию новых сортов овса направлен на повышение урожайности, качественных показателей зерна, устойчивости к болезням и полеганию. Прибавки урожая зерна при возделывании новых сортов составляют 3–5 ц/га, а при оптимальных условиях могут достигать 10 ц/га и выше.

Для повышения эффективности селекционной работы большое значение имеет изучение разнообразного исходного материала. Сочетание в одном сорте комплекса хозяйственно-ценных признаков – цель современной селекции. Успешная селекция предполагает подбор исходного материала, обладающего высокой продуктивностью, которая при скрещиваниях комбинируется с источниками, имеющими другие ценные параметры [1–4].

Материалы и методы исследований. Изучено 89 коллекционных образцов овса. Исследования проведены на полях селекционно-семеноводческого комплекса «Перемежное» в лаборатории овса РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2016–2018 гг. В 2016 г. предшественником овса была озимая рожь, в 2017 г. гречиха, в 2018 г. сахарная свекла. Почва дерново-подзолистая, рыхлосупесчаная. Агрохимические показатели пахотного горизонта: рН (в KCL) – 5,8–6,2, подвижный P_2O_5 – 260–340 мг/кг, обменный K_2O – 200–300 мг на 1 кг почвы, гумус – 2,1–2,3 %.

Обработка почвы – зяблевая вспашка осенью, весной – культивация и культивация перед посевом (предпосевная обработка). Удобрения: фосфорно-калийные из расчета P_2O_5 – 80 кг/га и K_2O – 100 кг/га д.в. вносили осенью под вспашку, азотные в дозе N_{80} весной под предпосевную культивацию. Закладка питомника проводилась в соответствии с методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур и рекомендациям по селекции самоопыляющихся культур. Сев проводили в оптимальные сроки тракторной сеялкой Wintersteiger. Учетная площадь делянки в коллекционном питомнике 5 м² в двукратной повторности. Фенологические наблюдения по фазам развития (всходы, кущение, выход в трубку, созревание) отмечали при вступлении их у 75 % растений.

Математическую обработку результатов проводилась методами корреляционного и двухфакторного дисперсионного анализа по методическому пособию Б.А. Доспехов [5] в приложении Excel.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2016–2018 гг. были контрастными и отличались от средних многолетних значений как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Это позволило в полной мере оценить изучаемый коллекционный материал.

Метеорологические условия 2016 г. были неблагоприятными для роста и развития растений овса посевного. Температура воздуха в апреле была выше среднегодовой в первую и во вторую декаду, а в третью декаду ниже средних значений. Осадков в этот период выпало на уровне многолетних значений. Очень жаркая погода с дефицитом осадков в мае и июне привела к угнетению посевов.

Погодные условия весенне-летней вегетации 2017 г. были преимущественно благоприятными для формирования урожая овса посевного. Большое количество осадков в апреле и мае затруднило проведение посевных работ, но способствовало хорошей всхожести и развитию растений зерновых культур.

Погодные условия 2018 г. были неблагоприятными для роста и развития овса посевного. Высокие температуры воздуха с первой декады апреля по последнюю декаду июня наряду с практически полным отсутствием осадков в этот период вызвали засуху. В связи с этим овес посевной сформировал метелку с небольшим числом зерен. Осадки второй и третьей декады июля способствовали наливу зерна и повышению массы 1000 зерен.

Результаты исследований и их обсуждение. Изучаемые коллекционные образцы имели вегетационный период, близкий к контрольному сорту *Zanavet* (81 сутки), полуранным был сорт *Pennlo* (76 суток). Среднепоздним вегетационным периодом характеризовались образцы *Mitika* (AUS), *Хамони* (RUS), *Соку* (RUS), *OT-207* (CAN), *Бопом* (RUS) (86-87 суток), очень поздними были сортообразцы *Omihi* (NZL) и *Stendes Liva* (LVA) (95-98 суток).

Высокая урожайность – одно из основных требований, предъявляемых к сорту. Показывая высокую и стабильную урожайность созданный сорт получает активное распространение в производстве и сменяет возделываемые сорта данной культуры.

В среднем за годы исследований урожайность контрольного сорта *Zanavet* составила 551,3 г/м². По урожайности зерна 46 коллекционных образцов из 89 превысили контроль *Zanavet*. Высокой урожайностью обладали сорта *Flämingsplus*, *Heinrich* (DEU); *Lorenz* (CAN); *Mara*, *Arta* (LVA); *Bingo* (POL); *Аргамак*, *Привет* (RUS); *Буг*, *Золак*, *Фристайл*, *Мурм* (BLR) (таблица 1).

Вышеуказанные сорта как источники высокой урожайности используются в селекционном процессе для создания нового высокопродуктивного селекционного материала овса посевного. В среднем за период исследований урожайность по сортам составила: *Arta* (LVA) – 698,0 г/м², *Аргамак* (RUS) – 702,0 г/м², *Буг* – 662,7 г/м², *Золак* – 670,3 г/м², *Мурм* (BLR) – 678,0 г/м², эти сорта имели прибавку к стандарту более 20 %. Такая урожайность формировалась при оптимальном соотношении массы 1000 зерен и количества зерен в метелке. Масса 1000 зерен формирует продуктивность метелки и, в конечном счете, влияет на урожайность овса. Создание сортов с большой массой 1000 зерен и оптимальным количеством зерен в метелке позволит увеличить урожайность овса, что является резервом в создании сортов интенсивного типа. В среднем за три года изучения выделено 6 образцов с большой массой 1000 зерен и 4 образца с малой, все остальные коллекционные образцы имели массу 26–35 г, что соответствует среднему значению этого показателя (таблица 2).

Таблица 1 – Урожайность сортов овса в коллекционном питомнике

Сорт	Происхождение	Урожайность сортов овса, г/м ²							
		2016 г.	% к контролю	2017 г.	% к контролю	2018 г.	% к контролю	среднее	% к контролю
Запавет (контроль)	BLR	565	100,0	598	100,0	491	100,0	551,3	100,0
Аргамак	RUS	816	145,2	731	122,2	559	113,8	702,0	127,3
Arta	LVA	819	145,7	825	138,0	450	91,6	698,0	126,6
Мирт	BLR	791	140,7	750	125,4	493	100,4	678,0	123,0
Золак	BLR	742	132,0	752	125,8	517	105,3	670,3	121,6
Буг	BLR	738	131,3	744	124,4	506	103,1	662,7	120,2
Фристайл	BLR	572	101,8	825	138,0	569	115,9	655,3	118,9
Bingo	POL	681	121,2	797	133,3	487	99,2	655,0	118,8
Mara	LVA	753	134,0	659	110,2	547	111,4	653,0	118,4
Flämingsplu s	DEU	821	146,1	671	112,2	465	94,7	652,3	118,3
Привет	RUS	649	115,5	702	117,4	584	118,9	645,0	117,0
Heinrich	DEU	721	128,3	609	101,8	591	120,4	640,3	116,1
Lorenz	CAN	643	114,4	725	121,2	549	111,8	639,0	115,9
НСР ₀₅		27,7		35,9		57,3			

Таблица 2 – Коллекционные сорта овса с большой массой 1000 зерен

Сорт	Происхождение	Масса 1000 зерен, г.						
		2016 г.	+ к контролю	2017 г.	+ к контролю	2018 г.	+ к контролю	среднее
Запавет (контроль)	BLR	30,9		33,8		30,5		31,7
Ivory	DEU	39,5	8,6	43,6	9,8	38,7	8,2	40,6
Kanton	DEU	38,6	7,7	37,7	3,9	33,3	2,8	36,5
Bingo	POL	31,9	1,0	38,6	4,8	38,4	7,9	36,3
Hecht	DEU	37,0	6,1	35,7	1,9	33,1	2,6	35,3
Yumbo	DEU	33,3	2,4	36,7	2,9	35,6	5,1	35,2
Lorenz	CAN	34,3	3,4	34,7	0,9	36,0	5,5	35,0
НСР ₀₅		1,4		1,7		1,2		

Наиболее крупное зерно в 2017 г. сформировали сорта: *Kanton* (DEU) – 37,7 г, *Ivory* (DEU) – 43,6 г; *Bingo* (POL) – 38,6 г, они же имели высокую крупность зерна в среднем за 2016-2018 гг. Установлена положительная средняя степень корреляции массы 1000 зерен с урожайностью овса, $r=0,5006$.

Для использования в селекции выделены источники крупнозерности *Kanton*, *Ivory* (DEU); *Bingo* (POL) с массой 1000 зерен более 36,0 г.

Число зерен в метелке также является одним из показателей продуктивности растений. Все изучаемые образцы имели среднее значение числа зерен в метелке, кроме образцов *Brusher* (AUS)– 16,9 шт., *Mitika* (AUS) – 21,2 шт.,

Possum (AUS) – 23,5 шт. и *Хамони* (RUS) – 29,3 шт. с малым значением числа зерен в метелке. Показатель числа зерен в метелке выше среднего был у 36 образцов, восемь из 12 высокоурожайных образцов имели значения выше контроля (таблица 3).

Таблица 3 – Число зерен в метелке высокоурожайных сортообразцов

Сорт	Происхождение	Число зерен в метелке, шт.			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее за 3 года
Запавет (контроль)	BLR	51,2	51,7	45,6	49,5
Армак	RUS	63,0	63,3	48,0	58,1
Арта	LVA	57,9	62,7	47,8	56,1
Фристайл	BLR	52,2	63,9	50,0	55,4
Мага	LVA	57,6	50,6	51,1	53,1
Привет	RUS	51,1	52,4	54,3	52,6
Буг	BLR	55,5	53,4	42,9	50,6
Мирт	BLR	57,2	54,1	40,6	50,6
Золак	BLR	51,1	59,8	37,6	49,5
Flämingsplus	DEU	46,2	50,1	48,1	48,1
Bingo	POL	48,1	51,5	37,9	45,8
Heinrich	DEU	45,2	41,9	43,2	43,4
Lorenz	CAN	41,0	45,2	40,5	42,2
НСР ₀₅		1,2	2,1	1,8	

Число зерен в метелке в значительной степени определяло урожайность сортообразцов овса – $r=0,8425$. Величина данного показателя у контрольного сорта *Запавет* в среднем за три года изучения составила 49,5 шт. Максимальное число зерен в метелке имели сорта: *Фристайл* (BLR) – 55,4 шт., *Арта* (LVA) – 56,1 шт., *Армак* (RUS) – 58,1 шт.

Поражение корончатой ржавчиной в условиях естественного заражения 2016 г. и 2018 г. не превышало 15 % (устойчивость 5 баллов), благоприятным годом для развития корончатой ржавчины был 2017 г. По этому году с большой вероятностью можно определить сортообразцы, устойчивые к корончатой ржавчине. По оценкам 2017 г. и результатам трехлетнего изучения было выделено 7 образцов с устойчивостью к данной болезни на уровне 7–8 баллов: *Арта* (LVA), *Лайма* (LVA), *Чакал* (POL), *Sege White* (SWE), *Simonen* (FIN), *Mitika* (AUS) и *Omihi* (NZL) (таблица 4).

На основании проведенных исследований было выделено 28 коллекционных сортообразцов с устойчивостью к красно-бурой пятнистости на уровне 7–8 баллов, у контрольного сорта *Запавет* устойчивость к красно-бурой пятнистости находилась на уровне 7 баллов.

В среднем за годы изучения высота растений у 54 коллекционных образцов была ниже, чем у контроля. Средняя высота растений овса за 2016–2018 гг. изучения была 84,2 см. Самыми низкорослыми были сорта *OT-207* (CAN) – 48,2 см, *Possum* (AUS) – 47,0 см, *Brusher* (AUS) – 42,7 см, *Mitika* (AUS) – 41,6

Таблица 4 – Характеристика коллекционных образцов овса посевного по урожайности, высоте растений, устойчивости к болезням, полеганию и качеству зерна (содержание белка, пленчатость), среднее за 2016-2018 гг.

Сорт	Происхождение	Урожайность, г/м ²	Высота растений	Устойчивость			Качество зерна	
				к полеганию, балл	к корончатой ржавчине, балл	к красной бурой, балл	содержание белка, %	пленчатость, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Запавет (контроль)	BLR	551,3	88,0	8,0	7	7	13,6	22,4
Армак	RUS	702,0	101,7	5,7	6	6	13,4	23,0
Arta	LVA	698,0	95,7	5,7	7	6	12,3	24,5
Мирт	BLR	678,0	91,0	5,3	5	6	12,5	21,7
Золак	BLR	670,3	97,3	6,3	5	6	12,1	21,8
Буг	BLR	662,7	88,7	6,0	5	6	12,9	22,8
Фристайл	BLR	655,3	84,0	8,0	5	7	13,1	23,5
Bingo	POL	655,0	88,0	7,7	6	6	12,7	19,9
Mara	LVA	653,0	100,7	5,7	5	6	13,4	22,8
Flämings plus	DEU	652,3	80,0	7,7	5	6	11,9	21,5
Привет	RUS	645,0	95,0	6,0	6	6	13,2	27,2
Heinrich	DEU	640,3	85,7	7,7	6	6	12,3	27,8
Lorenz	CAN	639,0	92,7	7,7	6	6	12,6	23,9
Кировец	RUS	629,0	95,7	4,7	5	6	12,9	22,7
Fuchs	DEU	610,0	82,3	7,0	5	6	12,1	21,4
Ivory	DEU	607,0	78,3	8,0	5	7	11,6	21,8
Flamings kurz	DEU	593,0	60,4	8,3	7	7	12,9	21,7
Полонез	BLR	592,0	91,7	5,3	5	6	12,6	23,7
STH-4287	POL	581,0	79,3	7,7	5	6	12,9	18,9
Сона	RUS	570,0	92,7	6,3	6	6	12,6	21,9
Yumbo	DEU	566,0	83,3	9,0	5	6	11,8	25,6
Alf	DEU	562,0	81,7	7,0	6	7	12,3	21,5
Соми	RUS	561,0	89,6	7,7	6	6	13,2	23,1
Pennlo	USA	555,0	98,9	7,0	6	6	13,2	25,1
Rise Sjet	DNK	555,0	98,3	5,7	5	6	13,2	20,7
Шанс	BLR	553,0	88,0	7,7	5	6	12,8	21,0
STH-814	POL	551,0	61,1	9,0	5	6	11,5	24,0
Юбиляр	BLR	544,0	87,7	7,7	5	6	12,5	21,6
Стралец	BLR	540,0	85,7	6,3	5	6	12,9	27,1
Дэнс	RUS	514,0	88,3	7,0	5	5	13,1	22,3
Чакал	POL	498,0	76,0	9,0	7	5	12,2	21,5
STH-584	POL	478,0	66,7	9,0	5	7	12,1	21,6
Дебют	BLR	472,0	83,3	7,5	6	7	13,4	25,8

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tomba	DEU	470,0	78,3	9,0	6	7	11,5	21,8
Denne желтый	DEU	467,0	104,0	4,3	5	5	12,5	23,9
Laima	LVA	451,0	83,3	7,0	7	5	12,5	23,7
Anthony 2143	USA	449,0	105,7	7,0	5	6	13,1	22,4
Pantker	DEU	445,0	91,7	5,7	5	6	12,5	22,2
Pennline	USA	442,0	106,0	7,0	7	7	12,9	22,6
Simonen	FIN	430,0	96,7	7,0	7	7	13,6	25,3
Donald	CAN	424,0	91,7	6,7	5	6	13,1	22,1
Omihi	NZL	417,0	72,7	9,0	8	7	13,9	23,0
Борси	RUS	415,0	79,6	6,7	6	6	13,4	24,0
Margam	GBR	413,0	78,3	9,0	5	6	13,3	23,1
Seger White	SWE	406,0	126,7	5,7	8	6	13,3	22,5
Омихо	RUS	396,0	69,7	9,0	6	7	13,4	21,6
OT-207	CAN	380,0	48,2	9,0	6	7	12,0	25,8
Тулский	RUS	377,0	99,0	6,0	5	6	14,4	22,3
Боррав	RUS	374,0	48,4	9,0	7	6	13,0	23,0
Боррав 2	RUS	370,0	51,7	9,0	7	6	13,1	25,8
Possum	AUS	320,0	47,0	9,0	5	6	12,7	22,9
Соку	RUS	319,0	54,8	9,0	5	7	13,4	23,2
Brusher	AUS	265,0	42,7	9,0	7	7	14,7	22,2
Mitika	AUS	252,0	41,6	9,0	8	6	14,1	21,4

НСП₀₅ 27,7- 1,7-2,5 0,2
57,3

см, *Боррав* (RUS) – 48,4 см. Максимальная высота растений была зафиксирована у коллекционных образцов *Pennline* (USA) и *Seger White* (SWE) – 106,0 и 126,7 см. У контроля *Занавет* величина данного показателя составила 88,0 см (таблица 4).

Наименьшая устойчивость к полеганию была отмечена у сортов *Pantker* (DEU), *Mara* (LVA), *Arta* (LVA), *Rise Sejet* (DNK), *Seger White* (SWE), *Аргамак* (RUS) – 5,7 баллов, *Полонез* (BLR), *Мурт* (BLR) – 5,3 баллов, *Кировец* (RUS) – 4,7 баллов, *Denne желтый* (DEU) – 4,3 баллов, контроль *Занавет* проявил устойчивость к полеганию 8 баллов. У коллекционных образцов полегание в среднем за три года изучения находилось на уровне 7,5 баллов. Между устойчивостью к полеганию и высотой растений отмечается сильная отрицательная корреляционная связь – $r = -0,71$.

Содержание белка в зерне зависит от сорта, однако может сильно изменяться по годам в зависимости от метеорологических условий в период вегетации растений. В коллекции выделены сортообразцы овса посевного с высоким содержанием белка в зерне более 13,0 % (таблица 4). По результатам трех лет исследований по содержанию белка в зерне превысили контроль *Занавет* (BLR) – 13,6 % сортообразцы: *Omihi* (NZL) – 13,9 %, *Mitika* (AUS) – 14,1 %, *Тулский* (RUS) – 14,4 %, *Brusher* (AUS) – 14,7 %.

Низкая пленчатость зерна выявлена у 45 сортообразцов, у стандарта *Zanavet* она отмечалась на уровне 22,4 %, остальные образцы имели среднее значение. Самая низкая пленчатость была у сортообразцов *STH-4287* и *Bingo* (POL) – 18,9 и 19,9% соответственно.

По результатам изучения коллекции овса в 2016–2018 гг. по комплексу положительных свойств и признаков выделились сорта овса: *Arta* (LVA) – урожайность 126,6 % к контрольному *Zanavet*, число зерен в метелке – 56,1 шт. устойчивости к корончатой ржавчине – 7 баллов; *Аргмак* (RUS) – урожайность 127,6 % к контролю, число зерен в метелке – 58,1 шт., высокое содержание белка в зерне – 13,4 %; *Буг* (BLR) – урожайность 120,2% к стандарту, число зерен в метелке – 50,6 шт.; *Золак* (BLR) – урожайность 121,6% к контролю, число зерен в метелке – 49,5 шт., пленчатость зерна – 21,8 %; *Мурм* (BLR) – урожайность на уровне 123,0 % к стандарту, число зерен в метелке – 50,6 шт., пленчатость зерна – 21,7 %.

Выводы

1. В результате исследований выделено 5 коллекционных образцов-источников для создания сортов пленчатого овса, обеспечивающих формирование высокой урожайности: *Arta* (LVA); *Аргмак* (RUS); *Буг*, *Золак* и *Мурм* (BLR). В качестве источников низкой пленчатости зерна можно использовать сортообразцы *STH-4287* и *Bingo* (POL) – 18,9 и 19,9 % соответственно. Источниками короткостебельности из коллекции выделены сортообразцы *OT-207* (CAN) – 48,2 см, *Possum* (AUS) – 47,0 см, *Brusher* (AUS) – 42,7 см, *Mitika* (AUS) – 41,6 см, *Борправ* (RUS) – 48,4 см.

2. Для создания селекционного материала с крупным зерном могут использоваться сорта: *Kanton*, *Ivory* (DEU); *Bingo* (POL) с массой 1000 зерен более 36,0 г. Для повышения содержания белка в зерне рекомендовано использовать сортообразцы *Omihi* (NZL) – 13,9 %, *Mitika* (AUS) – 14,1 %, *Тульский* (RUS) – 14,4 %, *Brusher* (AUS) – 14,7 %. В качестве источника повышения числа зерен в метелке рекомендовано включать в селекционный процесс сортообразцы *Фристайл* (BLR) – 55,4 шт., *Arta* (LVA) – 56,1 шт., *Аргмак* (RUS) – 58,1 шт.

3. Для повышения устойчивости к корончатой ржавчине можно использовать коллекционные сортообразцы: *Arta* (LVA), *Laima* (LVA), *Чакал* (POL), *Seger White* (SWE), *Simonen* (FIN), *Mitika* (AUS) и *Omihi* (NZL).

4. Как источник скороспелости рекомендован полуранный сорт *Pennlo* (76 суток).

Литература

1. *Иванова, Г.И.* Изучение генофонда ячменя и овса в условиях Северного Казахстана / Г.И. Иванова // Современные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. междунар. конф. – Новосибирск, 2012. – С. 54–58.
2. *Бражников, П.Н.* Изучение и использование отечественного и мирового генофонда озимой ржи для селекции в условиях севера Томской области / П.Н. Бражников // Сборник научных трудов XI Международной генетико-селекционной школы семинара СибНИИРС. – Новосибирск, 2013. – С. 10–15.

3. *Штефан, Г.И.* Изучение мирового генофонда яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Казахстана / Г.И. Штефан // Сборник научных трудов XI Международной генетико-селекционной школы семинара СибНИИРС. – Новосибирск, 2013. – С. 299–304.

4. *Сокурова, Л.Х.* Поиск источников ценных признаков в генофонде проса из коллекции ВИР/ Л.Х. Сокурова // Роль генетических ресурсов и селекционных достижений в обеспечении динамичного развития сельскохозяйственного производства. – Орел: ПФ «Картуш», 2009. – С. 148–152.

5. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов; 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

SOURCES OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS IN THE OATS COLLECTION

A.A. Trushko, S. P. Khaletsky

The article presents the results of studying oats accessions from the world collection in order to identify the sources of economically important traits (yield, weight of 1000 grains, number of grains in a panicle, plant height, protein content, hull content, resistance to diseases and lodging, early ripeness) for the use in the breeding process in Belarus. Collection variety accessions of oats are identified and proposed as potential sources of economically important traits of oats, which are high yielding, short-stalked, with a high mass of 1000 grains, resistant to crown rust (7–8 points), with high protein content in grain and low hull content.

УДК 633.112.9«324»:631[526.3+559]

ОТЗЫВЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

*Н.П. Шишлова, кандидат биол. наук, В.Н. Бушневич, кандидат с.-х. наук,
В.Н. Безлюдный, кандидат биол. наук*

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 21.02.2020)*

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

Аннотация. *В статье представлены результаты сравнительного анализа элементов продуктивности и физико-химических показателей сортов и перспективных сортообразцов озимого тритикале, выращиваемых по обычной и интенсивной технологиям возделывания. В зависимости от реакции на интенсификацию выделили три группы образцов с положительной, нейтральной и отрицательной отзывчивостью. Оценили количественные признаки групп и достоверность их взаимосвязей с урожайностью.*

Введение. Применение дополнительных элементов технологии возделывания – протравителей, удобрений, микроэлементов, фунгицидов и др., способствует более полной и качественной реализации биологического потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур и, в частности, тритикале [1].

Интенсивный уровень выращивания повышает устойчивость к ряду болезней и ослабляет давление стрессовых абиотических факторов.

Средняя урожайность образцов озимого тритикале в питомнике конкурсного сортоиспытания за последние 10 лет (2010–2019 гг.) составила 66,1 – на обычном и 73,3 ц/га – интенсивном фонах возделывания с разницей в 7,2 ц/га или 10,9 %. Максимальная прибавка урожайности на интенсивном фоне относительно обычного отмечалась в 2010 г. (26,7 %), минимальная – в 2016 г. (1,7 %).

Сравнительный анализ урожайности, полученной на обычном и интенсивном фонах выращивания, выявил дифференциацию образцов озимого тритикале по величине и направлению отклика на изменение агрофона. Реакцию (отзывчивость) генотипов на интенсификацию технологии возделывания можно условно разделить на положительную, нейтральную и отрицательную, что соответствует реакции интенсивного, полуинтенсивного и экстенсивного типов сортов [2].

Целью исследований являлся анализ биометрических, технологических и биохимических показателей групп образцов озимого тритикале с различной отзывчивостью на интенсификацию выращивания, а также выявление достоверных корреляционных зависимостей между урожайностью этих групп и определяющими ее количественными признаками.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований служили сорта и сортообразцы озимого гексаплоидного тритикале (*X Triticosecale* Wittm. & A. Camus, $2n=42$) отечественной селекции из питомника конкурсного сортоиспытания. Образцы выращивали по обычной и интенсивной технологиям возделывания в трех рендомизированных повторениях с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на гектар. Фосфорно-калийные удобрения в дозе $P_{80}K_{120}$ вносили осенью под основную обработку почвы, азотные (карбамид) – весной в 2 приема: N_{60} – при возобновлении вегетации и N_{30} – в начале выхода в трубку (стадия 31 по Цадоксу). При интенсивном уровне возделывания применяли дополнительную дозу азотных удобрений N_{30} – при появлении флагового листа (стадия 37), а также микроэлементы Cu и Mn (50 г/га) – в виде некорневых подкормок в стадии 31; регуляторы роста и фунгициды – в стадиях 31 и 37 по Цадоксу.

Генеральную совокупность образцов озимого тритикале разделили на 3 группы в зависимости от величины и знака изменения урожайности на интенсивном фоне относительно обычной технологии возделывания. Определили биометрические параметры растения, урожайность, натуру зерна [3], массу 1000 семян [4], а также содержание в зерне сырого протеина, клейковины и крахмала методом ближней ИК-спектроскопии [5]. Взаимосвязи между показателями изучили с помощью парного и множественного корреляционного анализа, оценили их достоверность и вклад количественных признаков в формирование урожайности групп отзывчивости озимого тритикале.

Результаты исследований и их обсуждение. Максимальная урожайность озимого тритикале в питомнике конкурсного испытания за период с 2017 г. по 2019 г. наблюдалась в 2017 г. и характеризовалась минимальной генотипиче-

ской изменчивостью (таблица 1). В этом же году отмечался наибольший прирост урожайности (15,6 %) за счет положительного отклика на интенсификацию у всех образцов озимого тритикале без исключения. В связи с отсутствием дифференциации по этому критерию, 2017 г. был исключен нами из дальнейшего анализа.

Таблица 1 – Величина и изменчивость показателя урожайности образцов озимого тритикале в питомнике конкурсного сортоиспытания: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания

Год на- блюдения	Количес- тво образ- цов, шт.	Урожайность, ц/га			Коэффициент вариации, %	
		1	2	\pm к 1, %	1	2
2016	31	71,6	72,8	+1,7	7,54	8,21
2017	30	93,9	108,8	+15,9	5,47	4,58
2018	31	62,7	68,9	+9,9	14,40	5,74
2019	30	63,1	64,5	+2,2	17,28	12,32

Высокая урожайность озимого тритикале в 2016 г. и, особенно, в 2017 г., во многом обусловлена тем, что на посевах практически не наблюдалось снежной плесени, что обеспечило полную сохранность растений весной. Однако дефицит осадков в конце мая – начале июня 2016 г. привел к угнетению процессов накопления запасных веществ и снижению урожайности, тогда как вегетационный период 2017 г. характеризовался близкими к норме климатическими условиями. В последующие два года наблюдалось поражение посевов озимого тритикале снежной плесенью на уровне 2-3 (2018 г.) и 6–7 баллов (2019 г.). Несмотря на значительную гибель растений озимого тритикале в 2019 г., урожайность в конкурсном сортоиспытании осталась практически на том же уровне, что и в предыдущем году. Связано это с тем, что наблюдавшиеся в первой декаде мая 2019 г. обильные осадки (330 % от нормы) активизировали рост вегетативной массы изреженных посевов, что усилило ассимиляцию запасных веществ.

Применение дополнительных элементов технологии возделывания способствовало увеличению урожайности сортообразцов озимого тритикале в целом, однако между ними наблюдались существенные различия по величине и характеру реакции. В группу со значимой положительной реакцией на интенсификацию по результатам трехлетних наблюдений вошло 42 образца, что составило 46,2 % от объема анализируемой совокупности. Эти образцы озимого тритикале на обычном фоне возделывания характеризовались, как правило, невысокой урожайностью, которая на интенсивном фоне заметно возрастала: в среднем за 3 года прибавка составила 9,7 ц/га или 15,9 % (таблица 2).

Распределение образцов озимого тритикале по группам с нейтральной и отрицательной отзывчивостью было почти равнозначным: 26,3 и 28,5 % соответственно. На урожайность образцов из нейтральной группы изучаемый уровень интенсификации технологии возделывания практически не оказывал влияния. Третья группа образцов характеризовалась высокой урожайностью на

Таблица 2 – Урожайность образцов озимого тритикале по группам отзывчивости на изменение агрофона: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания

Год наблюдения	Урожайность, ц/га								
	Отзывчивость								
	положительная			нейтральная			отрицательная		
	1	2	± к 1, %	1	2	± к 1, %	1	2	± к 1, %
2016	69,8	77,8	+11,5	71,7	72,0	+0,4	73,4	68,1	-7,2
2018	56,5	69,8	+23,5	68,0	69,1	+1,6	73,6	66,6	-9,5
2019	56,6	64,4	+13,8	64,9	65,0	+0,2	71,0	64,5	-9,2
<i>Среднее</i>	61,0	70,7	+15,9	68,2	68,7	+0,7	72,7	66,4	-8,7

обычном фоне, которая заметно снижалась при переходе к интенсивной технологии: в среднем за 3 года убыль составила 6,3 ц/га или 8,7 %.

При выращивании на обычном фоне образцы интенсивного типа характеризовались более низкими показателями урожайности и сбора сырого протеина, чем образцы других групп (таблица 3).

Образцы из группы с положительной отзывчивостью на интенсификацию формировали меньшее количество продуктивных стеблей на единицу площади и колосков в колосе, особенно при сравнении с образцами экстенсивного типа. Группа с отрицательной отзывчивостью, напротив, характеризовалась высокой урожайностью на обычном фоне, максимальными значениями показателей сбора сырого протеина и количество продуктивных стеблей. Биометрические параметры главного колоса и масса 1000 семян у образцов этой группы были несколько выше, чем у образцов других групп.

Использование дополнительных элементов технологии приводило к увеличению количества продуктивных стеблей, колосков и зерен в главном колосе, а также содержания протеина и клейковины в зерне для всех трех групп образцов озимого тритикале. При этом отмечалось незначительное снижение высоты растения и содержания крахмала. Изменение остальных количественных признаков зависело от группы отзывчивости на интенсивный фон. Для группы с положительной отзывчивостью отмечались максимальные приросты таких показателей как сбор сырого протеина и количество продуктивных стеблей; для нейтральной группы – количество зерен, масса зерна и содержание сырого протеина; для группы с отрицательной реакцией – содержание клейковины.

У группы экстенсивных образцов в отличие от других групп на интенсивном фоне наблюдалось уменьшение таких показателей, как сбор сырого протеина, длина колоса и масса зерна. Также отмечалось значимое снижение массы 1000 семян. Группа образцов с нейтральной отзывчивостью занимала по большинству количественных признаков промежуточную позицию между положительной и отрицательной группами на обоих фонах выращивания.

Вариационный анализ показал, что к наиболее стабильным относились такие признаки озимого тритикале, как высота растения, длина главного колоса,

Таблица 3 – Характеристика биометрических и физико-химических показателей образцов озимого тритикале по группам отзывчивости на интенсификацию: 1 – обычная, 2 – интенсивная технология возделывания (среднее за 2016, 2018-2019 гг.)

Признак	Отзывчивость									
	положительная			нейтральная			отрицательная			±к1, %
	1	2	±к1, %	1	2	±к1, %	1	2	±к1, %	
Урожайность, ц/га	61,0	70,7	+15,9	68,2	68,7	+0,7	72,6	66,3	66,3	-8,7
Сбор сырого прогелна, ц/га	5,85	7,38	+26,2	6,45	7,36	+14,1	6,95	6,79	6,79	-2,3
Высота, см	103	102	-1,0	105	102	-2,9	104	102	102	-1,9
Количество продуктивных стеблей, шт/м ²	485	578	+19,2	492	569	+15,7	523	582	582	+11,3
Главный колос:										
длина, см	10,7	10,8	+0,9	10,7	11,0	+2,8	10,8	10,7	10,7	-0,9
количество колосков, шт.	26,4	26,6	+0,8	26,6	26,8	+0,8	26,8	27,0	27,0	+0,7
количество зерен, шт.	51,0	53,1	+4,1	51,3	54,1	+5,4	51,6	51,7	51,7	+0,2
масса зерна, г	2,53	2,66	+5,1	2,51	2,68	+6,8	2,58	2,50	2,50	-3,1
Натура, г/л	687	691	+0,6	696	694	-0,3	689	683	683	-0,9
Масса 1000 семян, г	47,8	48,9	+2,3	47,9	47,2	-1,5	49,0	45,8	45,8	-6,5
Протеин, %	11,3	12,3	+8,8	11,1	12,5	+12,6	11,2	12,4	12,4	+10,7
Клейковина, %	18,4	22,1	+20,1	18,3	23,9	+30,6	18,1	23,8	23,8	+31,5
Крахмал, %	71,5	70,6	-1,3	71,6	69,9	-2,8	71,9	69,4	69,4	-3,5

количество колосков, натура, масса 1000 семян и содержание крахмала ($V < 5\%$). Урожайность, сбор сырого протеина, количество продуктивных стеблей, содержание протеина и клейковины характеризовались более выраженной генотипической изменчивостью независимо от уровня интенсивности технологии возделывания ($V > 10\%$).

Корреляционный анализ взаимосвязей между урожайностью и количественными признаками показал, что большинство из достоверных зависимостей проявилось при анализе группы образцов озимого тритикале с положительной отзывчивостью на интенсификацию.

Урожайность образцов интенсивного типа достоверно положительно коррелировала на обоих фонах выращивания с высотой растения, количеством продуктивных стеблей, количеством зерен в главном колосе и содержанием крахмала; достоверно отрицательно – с содержанием сырого протеина в зерне озимого тритикале (таблица 4). Для этой группы не наблюдалось существенной разницы в величине коэффициентов корреляции между обычным и интенсивным фонами выращивания. Исключение составила взаимосвязь «урожайность – сбор сырого протеина», т.к. на интенсивном фоне она утратила достоверность.

Таблица 4 – Корреляционный анализ связей между количественными признаками образцов озимого тритикале по группам отзывчивости на интенсификацию: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания

Урожайность	Коэффициент парной корреляции (r)					
	Отзывчивость					
	положительная ($n=42$)		нейтральная ($n=24$)		отрицательная ($n=26$)	
	1	2	1	2	1	2
Сбор сырого протеина	0,670**	0,204	0,410*	0,210	0,198	0,196
Высота растения	0,383*	0,442**	0,273	0,472*	0,023	0,331
Количество продуктивных стеблей	0,752**	0,764**	0,498*	0,355	0,184	0,338
Длина главного колоса	0,200	0,015	-0,260	-0,135	-0,090	-0,166
Количество колосков	0,196	0,056	-0,343	-0,114	-0,201	-0,195
Количество зерен	0,351*	0,367*	0,187	0,192	-0,029	-0,148
Масса зерна колоса	0,287	0,232	-0,256	-0,384	-0,232	-0,279
Масса 1000 семян	0,193	-0,173	-0,237	-0,156	-0,358	-0,386
Натура	0,291	0,179	0,059	0,036	-0,070	-0,258
Протеин	- 0,527**	-0,588**	-0,507*	-0,402	-0,407*	-0,431*
Клейковина	0,140	-0,080	-0,088	-0,112	-0,391*	-0,270
Крахмал	0,423**	0,416**	0,404*	0,313	-0,070	-0,210
Количество достоверных зависимостей	6	5	4	1	2	1

* – Достоверно при $P_{0,05}$; ** – при $P_{0,01}$

Для нейтральной группы образцов озимого тритикале достоверные зависимости проявились в основном на обычном фоне выращивания. На интенсивном фоне они сохранили свое направление, но утратили достоверность, за исключением взаимосвязи между урожайностью и высотой растения. Экстенсивная группа образцов озимого тритикале характеризовалась минимальным количеством достоверных связей, которые касались только содержания протеина и клейковины. Отрицательная отзывчивость на интенсификацию сопровождалась изменением направления связей урожайности с количеством зерен, натурой и содержанием крахмала.

Наибольшей достоверностью и стабильностью характеризовалась взаимосвязь между урожайностью и содержанием сырого протеина в зерне озимого тритикале с точки зрения проявления по группам и технологиям возделывания. В целом обычная технология возделывания более благоприятствовала проявлению достоверных зависимостей, чем интенсивная. Связано это, по-видимому, с тем, что интенсификация способствует снижению генотипической изменчивости некоторых количественных признаков озимого тритикале, таких как урожайность, количество продуктивных стеблей и сбор сырого протеина.

Множественный корреляционный анализ показал, что урожайность образцов озимого тритикале интенсивного типа во многом зависела от величины таких морфометрических параметров растения, как высота и количество продуктивных стеблей. Коэффициент детерминации этих признаков составил 65,4 и 58,8 % для обычной и интенсивной технологий возделывания соответственно (таблица 5).

Таблица 5 – Степень влияния биометрических параметров растения на урожайность образцов озимого тритикале: 1 – обычная, 2 – интенсивная технологии возделывания

Коррелирующие признаки	Коэффициент множественной корреляции (<i>R</i>)					
	Отзывчивость					
	положительная		нейтральная		отрицательная	
	1	2	1	2	1	2
Урожайность – высота растения, количество продуктивных стеблей	0,809	0,767	0,615	0,526	0,185	0,377
Урожайность – длина главного колоса, количество колосков и зерен, масса зерна	0,228	0,667	0,612	0,401	0,413	0,325
Урожайность – сумма 6-ти факторов	0,819	0,802	0,712	0,596	0,429	0,413

Влияние высоты растения и количества продуктивных стеблей на урожайность озимого тритикале при анализе групп с нейтральной и отрицательной отзывчивостью постепенно снижается, достигая своего минимума у экстенсивных образцов на обычном фоне выращивания – 3,4 %. Вклад биометрических параметров главного колоса в формирование урожайности образцов тритикале

с положительной отзывчивостью сильно зависел от технологии возделывания. Так, на обычном фоне он был минимальным (5,2 %), а на интенсивном – заметно возрастал (44,5 %). Низкая степень сопряженности изученных признаков с урожайностью наблюдалась для группы образцов с отрицательной реакцией на интенсификацию: биометрические параметры растения не оказывали определяющего влияния на урожайность этих образцов.

В целом, оценивая совокупный вклад факторов в формирование урожайности трех групп образцов озимого тритикале, можно говорить о незначительных различиях между технологиями возделывания и более существенных – между группами отзывчивости. Влияние биометрических параметров на урожайность постепенно снижалось при переходе от интенсивных к экстенсивным образцам озимого тритикале.

Выводы

1. Анализ урожайности сортов и перспективных сортообразцов озимого тритикале из питомника конкурсного испытания показал, что около половины из них принадлежали к интенсивному типу с ярко выраженной положительной реакцией на интенсификацию технологии возделывания. К этой группе можно отнести новые районированные сорта озимого тритикале *Березино*, *Заречье* и *Устье*. Применение дополнительных элементов интенсификации возделывания в этом случае оправдано существенным ростом урожайности и повышенным сбором сырого протеина.

2. Наиболее мобильной в зависимости от года наблюдения являлась группа с нейтральной реакцией на изменение уровня интенсивности технологии. Составлявшие ее образцы озимого тритикале могли проявлять в отдельные годы как положительную, так и отрицательную отзывчивость на интенсификацию. К этой группе относились сорта озимого тритикале *Атлет-17* и *ИЗС 1*.

3. Образцы с отрицательной отзывчивостью (экстенсивный тип), способные формировать высокие урожаи на обычном фоне, более всего соответствовали требованиям т.н. «sustainable agriculture» [6]. К этой группе, по предварительным оценкам, относились новые сорта озимого тритикале *ИЗС 4* и *ИЗС 5*. Снижение уровня интенсивности технологии их возделывания при условии сохранения высокой продуктивности будет способствовать уменьшению затрат и экологической нагрузки на окружающую среду [7, 8].

Литература

1. Булавина, Т.М. Оптимизация приемов возделывания тритикале в Беларуси: монография / Т.М. Булавина. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 224 с.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: выпуск первый / Госагропром СССР. – Москва, 1985. – 269 с.
3. ГОСТ 10840-64. Зерно. Методы определения природы.
4. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.
5. ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

6. Козлов, В.Е. Пластичность образа жизни у группы озимых образцов пшеницы и тритикале / В.Е. Козлов, В.И. Пономаренко, Е.П. Размахнин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, № 3. – С. 310-315.

7. Семенов, А.М. Здоровье почвенной экосистемы: от фундаментальной постановки к практическим решениям / А.М. Семенов, А.П. Глинушкин, М.М. Соколов // Известия ТСХА. – 2019. – Вып. 1. – С. 5-18.

8. Ван Мансвелт, Я.Д. Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы / Я.Д. Ван Мансвелт, С.К. Темирбекова // С.-х. биология. – 2017. – Т.52, № 3. – С. 478-486.

RESPONSIVENESS OF WINTER TRITICALE ACCESSIONS TO INTENSIFICATION OF CULTIVATION TECHNOLOGY

N.P. Shishlova, V.N. Bushtevich, V.N. Bezliudny

The paper deals with the results of a comparative analysis of the performance and physical and chemical features of varieties and variety accessions of winter triticale cultivated in accordance with common and intensive technology. Three groups of accessions have been identified depending on the reaction to intensification. Quantitative traits of the groups and their relation with yield have been evaluated.

УДК 631.524.86:633.11«321»/«324»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФЕКЦИОННО-ПРОВОКАЦИОННЫХ ФОНОВ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ ФУЗАРИОЗНОЙ И НЕ ФУЗАРИОЗНОЙ ЭТИОЛОГИИ

Ю.К. Шашко, канд. с.-х. наук, Г.В. Будевич, канд. биол. наук, С.И. Гриб, доктор с.-х. наук, В.Н. Бушневич, канд. с.-х. наук, С.И. Гордей, канд. биол. наук, И.В. Сацюк, канд. с.-х. наук
(Поступила 25.03.2020)

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

***Аннотация.** В статье представлена информация о создании инфекционных и провокационных фонов для оценки селекционного материала озимой и яровой пшеницы на устойчивость к болезням. Показана динамика поражения образцов коллекций за период 2003-2016 гг. Проведен анализ поражения болезнями новых сортов по сравнению с существующими контролем. Обоснована система иммунологической оценки фузариозоустойчивости злаковых культур.*

Введение. Одним из важнейших компонентов селекционного процесса является оценка исходного и селекционного материала на устойчивость к болезням. Часто данная оценка проводится на инфекционных и провокационных фонах. Основным преимуществом использования фонов является объективная оценка болезнеустойчивости изучаемых генотипов и значительно меньшая зависимость проявления болезней от складывающихся погодных условий. Ис-

пользование инфекционных фонов позволяет сократить на несколько лет селекционный процесс [1-4]. Помимо традиционных листовых инфекций на пшенице все большее значение получают болезни фузариозной этиологии, поэтому целью данной работы была оценка эффективности селекционного процесса пшеницы на инфекционных и провокационных фонах против наиболее распространенных болезней фузариозного и не фузариозного происхождения.

Материалы и методы. На устойчивость к болезням изучались образцы селекции подразделений РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Комплексный инфекционный фон функционирует с 2000 г. [5]. Размещен вне севооборота, предшественник – двулетняя монокультура ярового ячменя. С южной стороны защищен лесоплосой, что способствует сохранению снежного покрова, являющегося провокацией проявления снежной плесени. Ежегодно вносилась дополнительная инфекция возбудителей корневых гнилей, снежной плесени, листовых пятнистостей, фузариоза и септориоза колоса, проводилась инокуляция семян головневыми грибами [6].

Корневые гнили фузариозной этиологии. Семена изучаемых образцов пшеницы высевали на инфекционном фоне вручную в 5 рядах длиной 1 м погонный каждый. Расстояние между рядами – 20 см. При посеве в каждый рядок размещалось 50 семян, а также 30–35 г/м погонный автоклавированного и инфицированного фузариями зерна овса. Повторность – двукратная.

Учеты поражения образцов пшеницы корневыми гнилями проводили несколько раз за время вегетации культуры. Для каждого учета отбирали с корневой системой растения одного рядка с последующим определением степени поражения каждого растения. Пораженность корневой системы растения оценивали по пятибалльной шкале [7].

Фузариоз колоса. Посев сортов и селекционных образцов проводили в оптимальные сроки, вручную. Площадь делянки 0,5 м² в четырехкратной повторности: на двух повторностях растения искусственно заражали фузариями, а две оставались в качестве контрольного варианта.

Инфекционная нагрузка обеспечивалась путем опрыскивания цветущих растений споровой суспензией гриба *F. culmorum* в концентрации 10⁶ конидий/мл. Заражение проводили ручным или ранцевым опрыскивателем из расчета 10 мл жидкости на 1 м² делянки испытуемого образца в вечернее время и безветренную погоду под выпавшую росу или после дождя.

Максимальное проявление болезни, как правило, возникает через три недели после инокуляции. В дальнейшем, по мере созревания растений признаки инфекции становятся менее заметными.

Снежная плесень. Согласно современной систематике основной возбудитель снежной плесени относится к роду *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett ему постоянно сопутствуют другие фузарии, чаще всего *F. culmorum* [8-9]. В первые годы после создания инфекционного фона при посеве в почву вносили инфицированное *M. nivale* и *F. culmorum* овсяное зерно из расчета 15–20 г на 1 рядок длиной 1 метр погонный.

Методика внесения инокулюма в почву одновременно с посевом очень трудоемка, требует большого количества биоматериала и полностью исключает

ет механизированный посев, поэтому, через 3-4 года, когда инфекция накопилась в почве, внесение зараженного овса было прекращено.

Площадь делянки – 1 м², повторность – 4-х кратная.

Мучнистая роса *Blumeria graminis* (DC.) Speer и **бурая листовая ржавчина** *Puccinia recondita* Rob. ex Desm f. sp. *tritici* – облигатные паразиты пшеницы, поэтому оценка велась на естественном провокационном фоне.

Септориоз листьев и септориоз колоса. В условиях центральной части Республики Беларусь септориоз листьев может быть вызван 2 возбудителями одного рода – *Septoria tritici* Desm. (с 2011 г. правильное название *Zymoseptoria tritici* Quaedvl. & Crous) и *Septoria nodorum* (Berk.) Berk. (с 2013 г. правильное название *Parastagonospora nodorum* (Berk.) Quaedvl., Verkley & Crous.).

Z. tritici проявляется достаточно рано в фазу кущения (на озимой пшенице может проявляться уже осенью) и редко поднимается выше 3 яруса листьев снизу. *P. nodorum* проявляется позже на предфлаговом и флаговом листьях и в дальнейшем поражает колос.

Септориоз листьев учитывали на естественном провокационном фоне, а септориозом колоса проводили искусственное заражение. Чистая культура *Septoria nodorum* выращивалась на среде КГА. В дальнейшем проводили инокулирование стерильной перловой крупы. Стаканы с перловой крупой экспонировались под эритемными лампами ЛЭ 30 со средневолновым УФ излучением с длиной волны 380-280 нм с максимумом излучения 313 нм. Это облучение необходимо для стимуляции образования пикнид и пикноспор, максимум которых наблюдается на 7 сутки. Для инокуляции образцов пшеницы перловая крупа размалывается и заливается водой, для того чтобы пикноспоры вышли из пикнид. Непосредственно заражение проводится споровой суспензией с помощью ручного опрыскивателя.

Твердая головня. Поскольку заражение твердой головней пшеницы *Tilletia caries* (DC.) Tul. & C. Tul происходит в момент прорастания семян, инокуляция проводится путем встряхивания семян со споровой массой в плотно закрытом сосуде. Колосья, пораженные твердой головней, отбираются с посевов предыдущего года, сохраняются в сухом месте и перед заsporением головневые мешочки протираются через сита для получения чистой массы головневых спор. Инфекционная нагрузка рассчитывается из расчета 1-2 г спор на 1 кг семян [10].

Результаты и обсуждение. Озимая пшеница. За время функционирования инфекционно-провокационных фонов проведена оценка устойчивости к болезням более 350 новых сортов и селекционных образцов озимой пшеницы (таблица 1). Только в 2013 г. из-за сильного и неравномерного изреживания посевов на делянках во время перезимовки фоны не закладывали и оценка болезнеустойчивости образцов озимой пшеницы не проводилась.

Среднее поражение болезнями селекционного материала озимой пшеницы РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в зависимости от погодных условий года на соответствующем фоне колебалось: фузариоз колоса – 2,0–7,0 балла, корневые гнили – 44,5–90,5 %, снежная плесень – 2,3–

Таблица 1 – Среднее поражение болезнями селекционного материала озимой пшеницы в годы испытаний на инфекционно-провокационных фонах

Год	Количество образцов, шт.	Среднее поражение болезнями										
		фузариозной			не фузариозной этиологии							
		фузариоз колоса, балл*	корневые гнили, %	снежная плесень, балл	мучнистая роса, балл	бурая ржавчина, балл	сеггориоз, балл		твердая головня, %			
2000	44	2,4	56,2	-	1,8	-	-	-	3,3	39,4	-	-
2001	7	-	90,5	5,9	2,4	1,9	-	-	5,0	-	-	-
2002	7	4,0	70,9	3,3	1,9	-	-	-	3,0	39,6	-	-
2003	14	3,2	63,7	5,2	2,4	-	-	-	3,7	-	-	-
2004	19	4,7	66,6	4,0	0,8	-	-	-	2,8	51,1	-	-
2005	11	4,7	71,2	6,6	1,5	-	-	-	4,1	-	-	-
2006	11	2,3	62,6	3,4	0,0	-	-	-	1,2	25,2	-	-
2007	35	5,0	61,3	2,7	3,8	1,1	-	-	2,8	43,4	-	-
2008	26	-	66,0	-	4,8	1,2	-	4,8	2,1	-	-	-
2009	15	3,8	61,4	3,4	2,8	-	-	3,6	2,3	47,7	-	-
2010	22	3,6	56,8	7,9	0,0	-	-	4,7	4,0	8,8	-	-
2011	27	5,9	46,2	5,1	3,7	--	-	6,8	4,3	27,5	-	-
2012	32	2,0	58,8	3,1	2,5	1,2	-	3,6	1,6	29,5	-	-
2013	17	Из-за изреживания посевов во время переэлевации оценка устойчивости к болезням не производилась										
2014	8	7,0	52,1	-	2,3	-	-	5,3	0,0	-	-	-
2015	5	4,5	44,5	-	2,0	-	-	-	0,0	14,3	-	-
2016	54	2,6	-	2,3	2,1	-	-	2,2	0,0	-	-	-
Лимиты устойчивости		2,0-7,0	44,5- 90,5	2,3-7,9	0,0-4,8	1,0-1,9	-	2,2-6,8	0,0-5,0	8,8-51,1	-	-

* - здесь и далее минимальное развитие болезни – 1 балл, максимальное – 9 баллов

7,9 балла, септориоз листьев – 2,2–6,8 балла, септориоз колоса – 0,0–5,0 балла, твердая головня – 8,8–51,1 %.

В функционировании фона по корневым гнилям определилась явно выраженная тенденция первоначального повышения, а затем снижения поражаемости болезнью образцов озимой пшеницы.

Снижение поражения корневыми гнилями за время функционирования инфекционного фона не связано с повышением устойчивости к данной болезни испытываемых образцов пшеницы. Эта тенденция описана в научной литературе под названием decline-эффекта [11] (рисунок 1), который вызывается в результате фунгистазиса почвы – накоплением в верхнем горизонте непатогенных форм грибов рода *Fusarium* [12, 13] и наблюдается при возделывании зерновых в монокультуре [11].

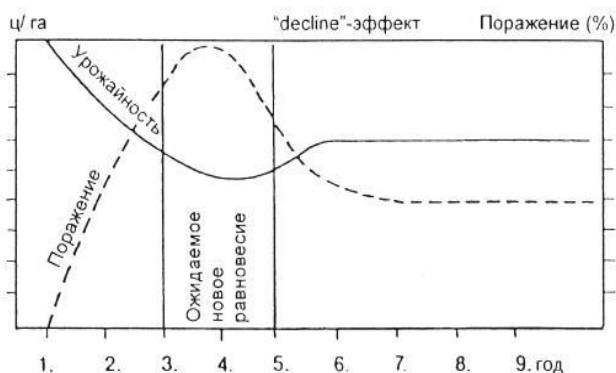


Рисунок 1 - Схема «decline-эффекта» при монокультуре [11]

В книге «Зерновые культуры» Д. Шпаара с соавторами указывается: «Многолетние опыты по монокультуре, особенно зерновых, показывают, что урожайность при этом в связи с ростом популяции вредных почвообитающих организмов в первые годы сильно снижается, но через ряд лет урожайность опять повышается, а пораженность снижается. Этот эффект называется decline-эффектом. Причины этого снижения популяции вредных организмов пока не полностью раскрыты. Но, очевидно, происходит повышение активности микробиологических антагонистов и усиление антифитопатогенного потенциала почвы» [14].

В условиях функционирования исследуемых инфекционно-провокационных фонов максимальное развитие корневых гнилей как озимой, так и яровой пшеницы наблюдалось в 2001 г., то есть на четвертый год посева зерновых по зерновым, что укладывается в схему «decline-эффекта».

За время проведения исследований по комплексу хозяйственно-полезных признаков, в том числе и по оценке болезнестойчивости на инфекционно-провокационных фонах (таблицы 2–4) на Государственное сортоиспытание было передано 20 перспективных образцов озимой пшеницы. Из них 7 сортов

под названиями *Легенда, Фантазия, Спектр, Узлет, Элегия, Сюита* и *Августина* включены в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в производстве. Государственное испытание трех образцов (*Влади, НПС-3* и *НПС-6*) продолжается.

Таблица 2 – Устойчивость к фузариозу колоса перспективных образцов озимой пшеницы на инфекционно-провокационном фоне

Сорт (образец)	Год испытания на фоне	Развитие фузариоза колоса, балл		Примечание
		сорт	Контроль (Капыльянка)	
Легенда	2002	3	5	<i>Включены в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород, допущенных к использованию</i>
Фантазия	2002–2003	3-5	5-8	
Спектр	2003	1	8	
Узлет	2003	3	8	
Элегия	2007	5	4	
Сюита	2010–2012	2-7	2-7	
Августина	2011	5	6	

Таблица 3 – Устойчивость к фузариозным корневым гнилям перспективных образцов озимой пшеницы на инфекционно-провокационном фоне

Сорт (образец)	Год испытания на фоне	Корневые гнили, %	
		сорт	контроль (Капыльянка)
Легенда	2002	78,5	74,5
Фантазия	2002-2003	61,7-68,2	70,9-74,5
Спектр	2003	63,0	70,9
Узлет	2003	58,5	70,9
Элегия	2007	60,0	70,6
Сюита	2010-2011	31,4-55,6	47,5-56,4
Августина	2011	47,6	57,1

Таблица 4 – Устойчивость к болезням перспективных образцов озимой пшеницы на комплексном инфекционно-провокационном фоне

Сорт (образец)	Год испытания	Снежная плесень, балл		Мучнистая роса, балл		Септориоз колоса, балл	
		сорт	контроль	сорт	контроль	сорт	контроль
Легенда	2002	5	3	3-5	5	5	3
Фантазия	2002-03	3	1-3	0-3	3-5	1-3	3-9
Спектр	2003	9	1-3	1-3	3	3	7-9
Узлет	2003	7	1-3	1	3	1-3	7-9
Элегия	2007	3	3	3	3	3	3
Сюита	2010-12	1,5-8	1,5-8	0	0	3-4,5	3,5-5
Августина	2011	7	5	3	6	4,5	5

Включенные в Госреестр сорта озимой пшеницы имели в сравнении с сортом контролем относительно более высокую устойчивость к развитию фузариоза колоса (исключение сорт *Элегия*) и к корневым гнилям (исключение сорт *Легенда*) на инфекционно-провокационных фонах.

Яровая пшеница. За время функционирования инфекционно-провокационных фонов получена ежегодная оценка устойчивости к болезням более 320 новых сортов и селекционных образцов яровой пшеницы (таблица 5).

Применяемые методы закладки инфекционно-провокационных фонов способствовали развитию болезней и проведению оценки болезнеустойчивости образцов. Среднее поражение болезнями селекционного материала яровой пшеницы РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в зависимости от погодных условий года на соответствующем фоне колебалось: фузариоз колоса – 1,1–7,8 балла, корневые гнили – 31,9–80,7 %, мучнистая роса – 0,0–4,3 балла, септориоз листьев – 2,8–6,3 балла, септориоз колоса – 0,0–5,0 балла, твердая головня – 0,6–8,1 %.

За время проведения исследований по комплексу хозяйственно-полезных признаков, в том числе и по оценке болезнеустойчивости на инфекционно-провокационных фонах (таблицы 6–7), на Государственное сортоиспытание было передано 16 перспективных образцов яровой пшеницы. Из них 10 сортов под названиями *Василиса*, *Ласка*, *Любава*, *Сударыня*, *Славянка*, *Монета*, *Награда*, *Мадонна*, *Эврика*, *Лады* включены в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в производстве. Государственное испытание сорта *Весточка 17* продолжается.

Включенные в Госреестр сорта яровой пшеницы на инфекционно-провокационном фоне имели в сравнении с сортом контролем либо относительно более высокую устойчивость к развитию фузариоза колоса (*Василиса*, *Ласка*, *Любава*), либо наблюдались на уровне сорта контроля (*Сударыня*, *Славянка*, *Монета*, *Награда*, *Мадонна*, *Эврика*).

По относительной устойчивости к корневым гнилям на инфекционном фоне включенные в Госреестр сорта были на уровне устойчивости контроля.

Заключение

В систему иммунологической оценки фузариозоустойчивости злаковых культур входит не только прямая оценка устойчивости к фузариозу колоса и зерна, а также к корневым гнилям коллекционного и селекционного материала на инфекционно-провокационных фонах, но и комплекс необходимых сопутствующих исследований. В данную систему входит обязательный мониторинг видового состава грибов рода *Fusarium* на территории республики (который включает в себя сбор инфицированных растений, идентификацию и выделение патогенов в чистую культуру), определение агрессивности отдельных видов, составление и поддержание коллекции чистых культур фузариев. Наличие коллекции позволяет ежегодно набирать инфекционный материал и создавать искусственные инфекционные фоны. Обязательным этапом исследований фузариозоустойчивости должно быть проведение фитоэкспертизы получен-

Таблица 5 – Среднее поражение болезнями селекционного материала яровой пшеницы РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в годы испытаний на инфекционно-провокационных фонах

Год	Количество образцов, шт.	Среднее поражение болезнями									
		фузариозной		не фузариозной				этиологии			
		фузариоз колоса, балл	корневые гнили, %	мучнистая роса, балл	бурая ржавчина, балл	листьев	септориоз, балл	колоса	твердая головня, %		
2001	5	-	80,7	1,0	2,2	-	-	-	4,2	-	-
2002	4	-	56,2	1,5	-	-	-	-	2,8	-	-
2003	3	5,7	50,0	1,3	-	6,3	5,0	0,6	-	-	-
2004	4	5,1	71,2	1,0	-	5,4	3,3	-	-	-	-
2005	8	4,3	52,9	1,0	-	6,1	-	-	-	-	-
2006	10	4,2	65,6	1,0	-	-	-	-	-	-	-
2007	11	2,6	61,5	1,0	-	-	-	-	2,3	-	-
2008	40	4,8	56,4	1,0	3,7	3,5	2,9	-	-	-	-
2009	23	4,5	58,3	3,3	4,3	3,6	-	-	-	-	-
2010	33	4,4	62,4	1,0	-	4,0	4,3	1,2	-	-	-
2011	32	7,8	31,9	3,0	-	4,2	4,2	0,9	-	-	-
2012	28	1,1	49,4	3,8	0,8	3,3	-	-	-	-	-
2013	33	1,4	54,2	2,1	1,6	2,8	4,9	-	-	-	-
2014	29	2,8	53,0	3,4	3,5	3,5	2,6	-	-	-	-
2015	31	4,5	35,5	2,8	-	-	0,0	8,1	-	-	-
2016	26	6,6	45,6	4,3	-	-	0,0	-	-	-	-
Лимиты устойчивости		1,1-7,8	31,9-80,7	0,0-4,3	0,8-4,3	2,8-6,3	0,0-5,0	0,6-8,1			

Таблица 6 – Устойчивость к фузариозу колоса перспективных образцов яровой пшеницы на инфекционно-провокационном фоне

Сорт (образец)	Год испытания на фоне	Развитие фузариоза колоса, балл		Примечание
		сорта	контроль*	
Василиса	2005-2006	2,5	3,5	<i>Включены в Государственный реестр сортов и оловесно-кустарниковых пород, допущенных к использованию</i>
Ласка	2007-2008	2,5-4,0	3,5-6,0	
Любава	2006-2010	2,0-4,5	3,5-6,0	
Сударыня	2009-2010	4,5	4,5	
Славянка	2014-2016	3,0-7,0	3,5-7,0	
Монета	2015-2016	3,5-7,0	3,5-7,0	
Награда	2015-2016	4,0-6,0	3,5-7,0	
Мадонна	2016-2017	4,5-6,0	3,5-7,0	
Эврика	2016-2017	3,0-7,0	3,5-7,0	
Ладья	2017	4,0	3,5*	<i>В ГСИ</i>
Восточка	2011-2012	1,0-7,0	2,0-8,0	

*Сорт контроль с 2002 по 2016 годы – Рассвет, а с 2017 года – Любава.

Таблица 7 – Устойчивость к фузариозным корневым гнилям перспективных образцов яровой пшеницы на инфекционно-провокационном фоне

Сорт (образец)	Год испытания на фоне	Корневые гнили, %	
		сорт	контроль*
Василиса	2005-2006	50,0-54,5	53,1- 61,1
Ласка	2007-2008	54,2-61,2	58,8-61,1
Любава	2006-2010	55,7-61,2	58,8-61,1
Сударыня	2009-2010	67,4	59,1
Славянка	2014-2016	39,8-42,1	34,5-36,8
Монета	2015-2016	41,5-48,5	34,5-36,8
Награда	2015-2016	31,7-42,4	34,5-36,8
Мадонна	2016-2017	43,3-45,0	36,8-51,0
Эврика	2016-2017	38,6-54,7	36,8-51,0
Ладья	2017	51,0	51,0
Восточка	2011-2012	30,0-57,7	25,0-61,3

ного зерна, поскольку именно зерно является конечным продуктом возделывания культуры.

Заключаящим этапом системы иммунологической оценки фузариозоустойчивости является выделение источников устойчивости для целенаправленного селекционного процесса и анализ константных образцов КСИ и ПСИ с целью выделения перспективных образцов для передачи в ГСИ.

Комплексные инфекционные и провокационные фоны, а также разработанная система иммунологической оценки фузариозоустойчивости озимой и яровой пшеницы позволяют улучшить дифференциацию генотипов и повысить эффективность селекции на устойчивость к болезням.



Рисунок 2 – Система иммунологической оценки фузариозоустойчивости злаковых культур в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

Более высокую устойчивость на инфекционно-провокационных фонах в сравнении с контролем *Капьянка* из семи включенных в Государственный реестр новых сортов озимой пшеницы имели: по развитию фузариоза колоса сорта *Легенда*, *Фантазия*, *Спектр*, *Узлет*, *Сюита*, *Августина*, а по устойчивости к корневым гнилям – *Фантазия*, *Спектр*, *Узлет*, *Элегия*, *Сюита*, *Августина*.

Включенные в Госреестр сорта яровой пшеницы *Василиса*, *Ласка*, *Любава* на инфекционно-провокационном фоне имели в сравнении с сортом контролем более высокую устойчивость к развитию фузариоза колоса, сорта *Сударыня*, *Славянка*, *Монета*, *Награда*, *Мадонна*, *Эврика* находились на уровне контроля.

Литература

1. *Обухович, Е.М.* Создание полевых инфекционных фонов корневых гнилей зерновых культур и усовершенствование методики учета и отбора выносливых форм растений // Пути повышения урожайности полевых культур. – Минск, 1987. – С. 66-69.

2. *Шешегова, Т.К.* Методические рекомендации по созданию искусственных инфекционных фонов и оценке озимой ржи на устойчивость к фузариозным болезням / Т.К. Шешегова, Л.И. Кедрова; под ред. В.Д. Кобылянского. – Киров, 2003. – 26 с.

3. *Будевич, Г.В.* Селекция озимой пшеницы на устойчивость к болезням в Белоруссии. // Первая Всероссийская конференция по иммунитету растений к болезням и вредителям: Посвящается 300-летию Санкт-Петербурга. – С.-Пб, 2002. – С. 171–172.

4. *Будевич, Г.В.* Устойчивые сорта – важный резерв сохранения урожая / Г.В. Будевич, Ю.К. Шашко // Наше сельское хозяйство. – 2009. – №6. – С. 17–21.

5. *Будевич, Г.В.* Инфекционные фоны в селекции зерновых и зернобобовых культур на устойчивость к болезням / Г.В. Будевич, Ю.К. Шашко // Принципы и методы оптимизации селекционного процесса сельскохозяйственных растений: мат. Межд. науч.-практ. конференции. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2005. – С. 120–125.

6. *Шашко, Ю.К.* Применение инфекционных фонов в селекции на устойчивость к болезням и для оценки эффективности фунгицидов / Ю.К. Шашко, Г.В. Будевич // Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: матер. Межд. науч.-практ. конф., посв. 80-летию образования Инст. земледелия. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2007. – С. 130–132.

7. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве; под ред. С.Ф. Буга. / Институт защиты растений НАН Беларуси. – Несвиж: «Несвижская укруп. типограф. им. С. Будного», 2007. – 508 с.

8. *Сергеенко, В.И.* К изучению фузариоза зерна озимой ржи как источника инфекции снежной плесени / В.И. Сергеенко // Вопросы агротехники и селекции полевых культур. – Минск, 1977. – С. 175–179.

9. *Овсянкина, А.В.* Структура популяции возбудителей корневой гнили и снежной плесени озимой ржи и отбор исходного материала для селекции устойчивых сортов // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Бол. Вяземы, 2000. – 20 с.

10. *Гешеле, Э.Э.* Основы фитопатологической оценки в селекции растений / Э. Э. Гешеле. – Москва: Колос, 1978. – 206 с.

11. *Heitefuss, R.* Pflanzenschutz. Grundlagen der praktischen Phytomedizin / R. Heitefuss. – Stuttgart: Verlag Georg Thieme. – 2000. – 399 s.

12. *Бенкен, А.А.* Почвенный фунгистазис, его сущность и практическое значение / А.А. Бенкен // Микология и фитопатология, 1975. – Т. 9. – № 2. – С. 507–517.

13. *Линник, Л.И.* Роль фунгистазиса почвы в снижении пораженности ячменя гнилью в условиях Белоруссии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ленинград, 1982. – 19 с.

14. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование); под общ. ред. Д. Шпаара. / Д. Шпаар [и др.] – Москва: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2008 – 656 с.

**EFFICIENCY OF USING INFECTIOUS AND PROVOCATIVE
BACKGROUNDS IN WHEAT BREEDING FOR RESISTANCE TO
DISEASES OF FUSARIUM AND NON-FUSARIUM ETIOLOGY**
*Yu.K. Shashko, G.V. Budevich, S.I. Grib, V.N. Bushtevich, S.I. Gordei,
I.V. Satsiuk*

The article provides the information on creation of infectious and provocative backgrounds for assessing the breeding material of winter and spring wheat on disease resistance. The dynamics of damage to the collections of accessions is shown over 2003-2016. The analysis of infecting new varieties with diseases is done in comparison with the existing standard. The system of immunological evaluation of cereal crops Fusarium resistance is substantiated.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ РИСА

*А.В. Мельниченко, аспирант, научный сотрудник отдела селекции
Института риса НААН Украины
(Поступила 24.02.2020)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

***Аннотация.** Для создания нового высокопродуктивного и устойчивого к полеганию исходного материала проведено изучение ценных хозяйственных признаков у образцов риса и отбор лучших из них для дальнейшего изучения в селекционном питомнике. Установлено, что высота растений в значительной степени влияет не только на устойчивость к полеганию, но и на продуктивность посевов. Перспективой дальнейших исследований является привлечение в селекционную работу новых источников, адаптированных к условиям Степи.*

Введение. Основой любого селекционного процесса является наличие исходного материала с широким спектром форм-источников основных хозяйственно-ценных признаков. Использование коллекции в значительной степени определяется представленным в ней генетическим разнообразием образцов и уровнем их изученности. Особую ценность для селекции имеют образцы с различными уровнями проявления хозяйственно-ценных признаков.

В зависимости от направлений селекции и характеристик сортов, которые улучшаются, для создания селекционного материала и отборов привлекаются образцы, являющиеся источниками определенных хозяйственно-ценных признаков с учетом их генетического контроля и эколого-географического происхождения.

Состояние изучения проблемы. Для успешной селекции устойчивых сортов, адаптированных к экологическим условиям выращивания и современных технологиям, необходимо выявление селекционно-ценных, генетически стабильных форм [1–2].

Задачи и методика исследований. При проведении экспериментальных исследований из Национальной коллекции риса были выделены источники с разным уровнем проявления хозяйственно-биологических признаков и устойчивости к полеганию.

Посев образцов осуществляли вручную. Учетная площадь делянок составляла 1 м². В период вегетации были проведены фенологические наблюдения, полевая оценка устойчивости к полеганию, поражение вредителями и болезнями.

Учет и статистическая обработка экспериментальных биометрических данных проведена методом биологической статистики [3–7].

В качестве исходного материала для гибридизации использовали образцы риса посевного различного эколого-географического происхождения, созданный и экспериментально исследованный гибридный материал риса F₁ – F₃ по-

колениа, родительские формы и линии. Гибриды $F_1 - F_3$ получены от скрещивания различных сортов и линий: *Дебют / УкрНДС-205*, *Дебют / УкрНДС 6228*, *Дебют / Л-2089*, *Дебют / УИР-3490*, *Дебют / TR-787-10-1*, *Дебют / Long Zing-31*; *Антей / УкрНДС-205*, *Антей / УкрНДС 6228*, *Антей / Л - 2089*, *Антей / УИР-3490*, *Антей / TR-787-10-1*, *Антей / Long Zing 31*; *Консул / УкрНДС-205*, *Консул / УкрНДС 6228*, *Консул / Л - 2089*, *Консул / УИР 3490*, *Консул / Long Zing 31*, *Консул / TR787-10-1*. Селекционный питомник закладывали вручную, длина строки 2 м, F_1 тоже вручную по схеме $P_{\text{♀}}-P_{\text{♂}}-F_{\text{н}}$. Питомники $F_1 - F_3$ высевали сеялкой Клен на площади 4,5 м² нормой 5 млн всхожих семян на гектар. В фазу полной спелости зерна проводили сбор урожая методом прямого обмолота комбайном Yanmar, обмолот метелок проводили молотилкой.

В полевых условиях определяли даты наступления основных фаз роста и развития растений, а также по данным лабораторных исследований изучали закономерности наследования и изменчивость количественных признаков в гибридных популяциях.

В лабораторных условиях проводили полный структурный анализ продуктивности гибридов $F_1 - F_3$. Определяли длину стебля и метелки, количество зерен в главной метелке, продуктивность главной метелки и растения, массу 1000 зерен, стекловидность, трещиноватость, выход целого ядра и выход крупы в целом.

Наследование количественных признаков (H^2) родительских форм у гибридов определяли методом J.S. Mahmud, H.H. Kramer [8]. Коэффициент корреляции количественных признаков осуществляли методом Z-преобразований по Дж. У. Снедекора [9]. По методике Б.А. Доспехова [10] был проведен статистический анализ изменчивости количественных признаков – скользящая средняя и ее погрешность ($X \pm S_x$), вариация (V), коэффициент линейной корреляции ($r \pm S_r$).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием компьютерных программ.

Результаты исследований. Во всех проанализированных популяциях F_2 , F_3 наблюдалась внутренняя популяционная фенотипическая изменчивость – определенный размах в варьировании по степени устойчивости к полеганию, что определяется не наследственными факторами (влияние условий окружающей среды). Одним из критериев их обнаружения является анализ фенотипического разнообразия в потомствах F_2 – общая дисперсия F_2 будет больше, чем любой из родительских форм. Это можно рассматривать как косвенное подтверждение проявления полигенного контроля признака. Итак, для изучения устойчивости к полеганию необходимо сравнение показателей варьирования данного признака у родительских форм и гибридов.

Уровень устойчивости родительских форм и гибридов, характер наследования и изменчивости в исследуемых популяциях в условиях 2018-2019 гг. приведены в таблице.

Низкий уровень фенотипической изменчивости признака изученных гибридов наблюдался у комбинаций: *Консул / Л-0289*, *Антей / УИР-3490*, *Антей / Long Zing*, *Антей / Л-0289* и *Антей / УкрНДС-205* ($V, \% = 7,46-9,40\%$). Средним

Таблица 1 – Характер наследования и изменчивости признака «высота растения» у гибридов риса (2018-2019 гг.)

Комбинация	F ₂			F ₃		
	Хср.±Sx, см	V,%	H ²	Хср.±Sx, см	V,%	H ²
Консул	98,20±1,45	-	-	110,33±0,88	-	-
Консул/ УИР 3490	105,75±3,03	12,79	0,89	124,00±5,57	7,78	0,94
УИР 3490	80,40±1,36	-	-	96,00±2,08	-	-
Консул/ TR-787-10-1	102,35±2,56	11,20	0,57	102,67±1,45	2,45	0,03
TR-787-10-1	103,40±3,85	-	-	99,33±2,33	-	-
Консул/ Л 0289	96,70±1,89	8,72	0,25	96,00±0,58	1,04	-2,18
Л 0289	107,30±3,58	-	-	98,33±1,20	-	-
Консул/Long Zing 31	100,75±3,05	13,52	0,90	102,33±1,45	2,46	0,39
Long Zing 31	125,80±1,23	-	-	112,33±1,45	-	-
Консул/ УкрНДС 6228	95,65±2,23	10,45	0,89	95,00±1,15	2,11	0,04
УкрНДС 6228	95,90±0,77	-	-	92,67±1,45	-	-
Консул/ УкрНДС 205	92,00±2,85	13,88	0,70	95,33±0,88	1,60	-2,30
УкрНДС 205	112,10±3,34	-	-	100,33±2,91	-	-
Антей	104,00±1,39	-	-	108,67±0,88	-	-
Антей/ УкрНДС 205	103,95±2,16	9,28	0,50	100,67±2,33	4,01	0,75
Антей УИР 3490/	105,75±3,03	12,79	0,82	94,33±2,96	5,44	0,79
Антей/ Long Zing 31	95,64±2,38	7,46	0,67	93,33±1,45	2,70	0,39
Антей/TR-787-10-1	116,30±3,75	14,43	0,81	98,33±1,20	2,12	-0,42
Антей/Л 0289	102,60±2,16	9,40	0,46	88,33±1,67	3,27	0,62
Антей/УкрНДС 6228	85,15±2,39	12,53	0,59	94,67±0,88	1,61	-0,65
Дебют	78,30±1,83	-	-	76,00±0,58	-	-
Дебют/ УкрНДС 205	81,50±1,60	9,15	0,17	97,67±0,88	1,56	-0,13
Дебют/ TR-787-10-1	99,60±3,51	15,76	0,81	89,67±0,33	0,64	-11,12
Дебют/ Long Zing 31	64,65±1,04	7,17	-1,16	119,67±4,84	7,01	0,96
Дебют/УкрНДС 6228	76,90±2,33	13,53	0,57	108,00±1,53	2,45	0,64
Дебют/ Л 0289	90,75±3,56	17,55	0,82	108,00±1,15	1,85	0,48
Дебют/ УИР 3490	68,55±1,73	11,26	0,22	95,00±2,22	5,26	0,86
Среднее	95,92±2,26	7,81	0,44	99,89±2,22	2,05	0,88

уровнем изменчивости (V,% = 10,45-14,43%) признаков отмечались популяции УИР-3472 / Long Zing, Консул / TR-787-10-1, Консул / УкрНДС-205, Антей / TR-787-10-1, Консул / УИР-3490 и Консул / УкрНДС-6228.

Генетически обусловленная часть изменчивости отвечала низкому (H² = 0,25) в комбинации Консул / Л-0289, среднему (H² = 0,46-0,57) у гибридов Консул / TR-787-10-1, Антей / УкрНДС-205 и Антей / Л-0289 или высокому уровню (H² = 0,79-0,80) в остальных гибридных комбинациях.

Таблица 2 – Характеристика ценных образцов риса по высоте, признакам метелки (2019 г.)

Образец	Высота, см	Длина метелки, см	Число зерен в метелке, шт.	Пустозерность, %	Масса зерна с метелки, г
Антей/TR-787-10-1	97,0	15,8	116,3	12,9	3,9
Антей/УИР 3490	102,0	17,3	150,3	14,9	4,5
Консул/TR-787-10-1	103,5	16,8	168,9	15,2	4,9
Консул/ Long Zing 31	95,7	16,9	173,5	12,8	5,0
Консул/Л-0289	93,3	16,1	183,0	9,4	5,8
Консул/УкрНДС 6228	93,8	17,0	186,8	7,6	5,0
Консул /УкрНДС 205	96,0	17,1	170,5	12,7	4,9
Консул /УИР 3490	94,2	17,8	200,9	11,7	6,2
Антей/Л-0289	86,5	14,9	143,2	3,6	4,0
Антей/Long Zing 31	89,3	16,2	161,5	12,7	4,8
Антей/УкрНДС 205	94,3	17,3	129,6	14,1	3,9

Все образцы риса отличались между собой по высоте растений, которая колебалась от 86,5 до 103,5 см. Длина метелки образцов риса колебалась в пределах 14,9–17,3 см. Значительные различия по числу зерен в метелке отмечены среди лучших образцов риса и колебались в пределах от 129,6 до 200,9 штук. Пустозерность образцов колебалась от 3,9 до 6,2%.

В ходе исследований определена изменчивость признаков качества зерна селекционных линий (масса 1000 зерен, трещиноватость, выход целого ядра).

Таблица 3 – Изменчивость количественных признаков у образцов риса (2019 г.)

Линия	Общий выход крупы, %	Выход целого ядра, %	Скловидность, %	Трещиноватость, %	Пленчатость, %	L,b
Антей/TR-787-10-1	69,8	92,0	88,0	-	17,3	2,2
Антей/УИР 3490	67,9	95,5	96,0	-	19,0	1,9
Консул/TR-787-10-1	69,2	94,2	97,8	-	17,5	2,1
Консул/ Long Zing 31	66,5	90,7	92,0	3	20,4	2,4
Консул/Л-0289	69,3	94,1	94,0	-	17,5	2,0
Консул/УкрНДС 6228	68,3	94,6	98,0	-	18,4	2,0
Консул /УкрНДС 205	68,0	92,7	98,0	2	18,8	2,2
Консул /УИР 3490	68,0	93,0	94,0	-	18,9	2,2
Антей/Л-0289	67,2	93,3	96,0	3	19,5	2,2
Антей/Long Zing 31	68,4	95,0	95,6	3	18,2	1,9
Антей/УкрНДС 205	67,3	92,0	96,4	2	19,3	2,3

Установлено, что трещиноватость риса зависит от погодных условий в период налива и созревания зерна риса. Трещиноватость зерна наблюдалась в пяти комбинационных образцах, остальные образцы характеризовались ее отсутствием.

Выводы

1. В 2018-2019 гг. по результатам проведенных исследований были определены особенности 16 комбинаций по количественным признакам растений. Обнаружен неодинаковый уровень продуктивности растений, элементов структуры, а также хозяйственно-ценных признаков гибридов и их родительских форм (урожайность зерна, устойчивость к полеганию).

2. В генотипах новых образцов объединены несколько ценных признаков, которые были у того или иного родительского сорта, чем обеспечен высокий уровень урожайности.

3. Новые линии риса посевного и их родительские формы являются ценным исходным материалом для комбинационной селекции.

4. В гибридных комбинациях, полученных от скрещиваний, подобраны растения для оценки их потомств, а также 11 ценных линий, которые оценены и выделены в селекционном питомнике первого года в 2019 г., будут исследованы в 2020 г. в селекционном питомнике второго года.

Литература

1. Адаптивная селекция. Теория и технология на современном этапе / П.П. Литун, В.В. Кириченко, В.П. Петренко, В.Н. Коломацкая. – Харьков: Магда LTD, 2007. – 264 с.
2. Алтухов, Ю.П. Генетические процессы в популяциях / Ю.П. Алтухов – Москва: Наука, 1989. – 328 с.
3. Просунко, В.М. Методика агрометеорологических наблюдений на рисовых полях / В.М. Просунко. – Ленинград: Гидрометеониздат, 1978. – 31 с.
4. Дудченко, В.В. Защита риса от сорняков, болезней и вредителей / В.В. Дудченко, З.С. Воронюк, Т.В. Дудченко // Предложение. 2006. – №8. – С. 74–80.
5. Методические указания по оценке качества риса. – Краснодар, 1983. – 22 с.
6. Судин, В.М. Широкий унифицированный классификатор рода *O. Sativa L.* / В.М. Судин [та др.] – Скадовськ, 2008. – 48 с.
7. Методика опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса / под ред. А.П. Сметанина, В.А. Дзюбы. – Краснодар, 1972. – 155 с.
8. Mahmud, J.S. Segregation for yield, height and maturity following a soy been cross / J.S. Mahmud, H.N. Kramer // *Agronomy Journal*. – 1951. – V. 43. – № 12. – P. 605–609.
9. Снедекор, Дж.У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии / У.Дж. Снедекор. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 503 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

VARIABILITY OF QUANTITATIVE TRAITS OF RICE HYBRID POPULATIONS

A.V. Melnichenko

The study of economically important traits of rice accessions has been carried out for creation of high yield initial material tolerant to lodging. The best accessions have been selected for further study in a breeding nursery. It's established that a plant height influences to a great extent not only on tolerance to lodging, but also on the yield of crops. Involvement in breeding of new sources adapted to the conditions of the steppe is good prospects for further research.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ПРОСА ПОСЕВНОГО ПО УРОЖАЙНОСТИ, ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ И ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ

*В.Н. Куделко, Н.А. Лужинская, кандидаты с.-х. наук,
П.О. Кошевой, Я.А. Титова, мл. научные сотрудники
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 14.05.2020)*

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

Аннотация. В статье представлены результаты оценки коллекционных сортообразцов проса посевного по урожайности, химическому составу и питательности зеленой массы. Установлено, что при уборке растений проса в фазу молочно-восковой спелости в среднем за годы исследований формируется урожайность зеленой массы в зависимости от сорта на 9,0–97,5 % больше по сравнению с более ранней уборкой (фаза выметывания). Наиболее высокое содержание сырого и переваримого протеина выявлено у сортообразцов Аскольдо, Веселоподолянське 311, Камышинское Юбилейное, Киевське 87, Оренбургское 20, К-8683, которые превышали контрольный сорт Галинка по данным показателям на 14,8–31,1 и 11,0–30,1 %, в связи с чем их целесообразно использовать в селекционном процессе для создания высокоурожайных зеленоукосных сортов проса.

Введение. Развитие животноводства Республики Беларусь и повышение его продуктивности сдерживается недостатком как сочных, так и концентрированных кормов должного качества [1]. Решить этот вопрос можно двояко: с одной стороны, за счет роста урожайности уже возделываемого набора полевых культур; с другой – расширением ассортимента культур, более эффективно использующих агроклиматические условия республики, особенно на фоне участвовавших засух различной интенсивности [2]. К видам с повышенной засухоустойчивостью, представляющим интерес для стабилизации кормопроизводства, относится просо посевное.

Просо посевное (*Panicum miliaceum L.*) – полевая культура универсального использования. Его выращивают для производства пшена, зернофуража, а также зеленой массы с высокими кормовыми достоинствами [3]. Солома проса является хорошим грубым кормом, который по кормовым качествам находится на уровне лугового сена второго класса, а по содержанию белка в сухом веществе (до 6 %) занимает первое место среди хлебных злаков. По своему хозяйственному значению и биологическим свойствам просо очень часто используется в качестве страховой культуры [4, 5]. Благодаря позднему севу его возделывание уменьшает напряжение в период посева весной и уборки урожая осенью. Особого внимания просо заслуживает как пожнивная и поукосная культура. По данным российских авторов [6], выращивание его в поживном посеве увеличивает производство зерна на 16% и обеспечивает получение высокого чистого

дохода с 1 га. Пожнивный посев на зеленую массу является одним из резервов увеличения производства этой культуры.

К достоинствам проса относится также растянутость периода сроков сева. На зерно оно может высеваться от начала мая до середины июня, а на зеленую массу – до конца 2-й декады июля. Это делает культуру весьма перспективной для вовлечения ее в зеленый конвейер, особенно в августе, когда во многих хозяйствах, особенно в засушливые годы, отмечается дефицит зеленых кормов для крупного рогатого скота.

По данным ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» за последние три года в среднем по сортоучасткам в зависимости от сорта просо формирует урожайность сухого вещества в зеленой массе за 43–63 суток вегетации от 44,6 до 165,0 ц/га [7]. Главное различие между сортами заключается в содержании сырого протеина в зеленой массе: если у сортов зернового направления оно находится в пределах 8,8–10,0 %, то у универсальных (используемых для получения зерна и зеленой массы) сортов этот показатель существенно выше и составляет 12,2–16,3 %.

Практика показывает, что в республике просо чаще всего используется на зеленую массу, поэтому созданию сортов такого плана необходимо уделять первоочередное внимание. В связи с этим целью наших исследований стала оценка коллекционных сортообразцов проса по урожайности, химическому составу и питательности зеленой массы в зависимости от срока уборки для их дальнейшего использования в селекционном процессе.

Условия и методика проведения исследований. Полевые опыты проводили в 2018–2019 гг. в Смолевичском районе Минской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на рыхлых песчанисто-пылеватых супесях. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,29–2,72 %, содержание P_2O_5 – 178–254 мг/кг, K_2O – 278–420 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,5–6,6. Опыты закладывали на фоне $N_{60}P_{60}K_{80}$.

Материалом для исследований являлись 60 сортообразцов проса посевного различного эколого-географического происхождения. Основную долю (45,3 %) коллекции составляли образцы из Украины, 33,7 % – из Беларуси, 18,6 % – из России и по 1,2 % – из Венгрии и Казахстана (рисунок). В качестве контроля был взят сорт проса Галинка универсального направления использования (на зерно и зеленую массу), который является стандартом в Государственном сортоиспытании.

Исследования проводили путем закладки полевых опытов по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Посев осуществляли рядовым способом в оптимальные для культуры сроки с нормой высева 4 млн/га всхожих семян, повторность – 3-кратная. Размещение делянок – рандомизированное.

Для сева использовали сеялку John Deere 9420R. Для уничтожения двудольных сорняков в фазу кущения культуры применяли гербицид Балерина, СЭ (0,5 л/га). Уборку урожая проводили кормоуборочным комбайном Nege 212 в фазы выметывания и молочно-восковой спелости. Химический состав зеле

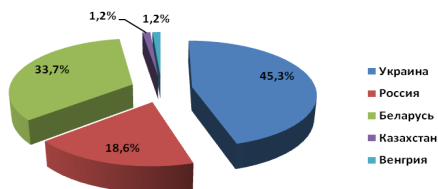


Рисунок – Эколого-географическое происхождение изучаемых коллекционных образцов проса посевного

ной массы проса определяли в отделе биохимии и биотехнологии на анализаторе N1235000 с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области, питательную ценность – по методике А.И. Овсянникова [8]. Статистическую обработку полученных результатов выполняли по методике Б.А. Доспехова [9], используя программу Excel.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2018–2019 гг.) существенно отличались от среднеголетних значений и между собой, что способствовало более объективной оценке влияния изучаемых факторов на урожайность, химический состав и питательность зеленой массы проса. Так, за вегетационный период 2018 г. (май-август) сумма активных температур была выше нормы на 11,7 %, а количество атмосферных осадков ниже среднеголетних значений на 19,6 % при крайне неравномерном их выпадении. Гидротермический коэффициент (ГТК) за указанный выше период составил 1,17 при норме для данного региона 1,63.

В 2019 г. (май-август) сумма активных температур была выше нормы на 5,2 %, а количество атмосферных осадков выше среднеголетнего уровня на 11,8 % при крайне неравномерном их выпадении и наличии в отдельные фазы развития растений дефицита влаги в почве. ГТК за указанный выше период составил 1,73 при среднеголетнем значении этого показателя для региона, где проводили исследования, 1,62.

Результаты исследований и их обсуждение. На основании фенологических наблюдений установлено, что в центральном регионе Беларуси в зависимости от погодных условий фаза выметывания у растений проса посевного наступала со второй декады июля по первую декаду августа, а фаза молочно-восковой спелости – с последних дней III декады июля до конца II декады августа. Анализ урожайности зеленой массы изучаемых коллекционных образцов проса показал, что на дерново-подзолистых почвах этот показатель в среднем за 2 года достигал 418,3 ц/га при уборке в фазу выметывания и 627,0 ц/га – в фазу молочно-восковой спелости (таблица 1).

Средняя по всем изучаемым сортообразцам урожайность зеленой массы при уборке в фазу выметывания составила 342,0 ц/га. В дальнейшем к фазе молочно-восковой спелости наблюдалось существенное увеличение данного показателя (до 494,8 ц/га). В первый срок уборки (фаза выметывания) урожай-

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы лучших образцов проса в зависимости от фазы развития растений (среднее за 2018-2019 гг.)

Образец	Выметывание			Молочно-восковая спелость		
	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ±		Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ±	
		ц/га	%		ц/га	%
<i>Галинка – контроль (ср.)</i>	329,1			458,8		
Аскольдо	374,1	45,0	13,7	494,6	35,8	7,8
Блестящее	391,6	62,5	18,9	506,2	47,4	10,3
Веселоподолянське 311	371,6	42,5	12,9	515,8	57,0	12,4
Золотисте	418,3	89,2	27,1	627,0	168,2	36,7
Камышинское Юбилейное	391,6	62,5	18,9	496,7	37,9	8,5
Киевське 87	349,6	20,5	6,2	573,3	114,5	24,9
Киевське 95	347,5	18,4	5,6	498,7	39,9	8,7
Миронівське 51	375,8	46,7	14,3	511,6	52,8	11,5
Миронівське 94	384,2	55,1	16,7	490,8	32,0	7,0
Омряне	359,3	30,2	9,2	564,6	105,8	23,1
Оренбургское 20	381,2	52,1	15,8	521,6	62,8	13,7
Харківське 57	353,7	24,6	7,5	531,6	72,8	15,9
Мутант 83-8322	367,5	38,4	11,7	485,8	27,0	5,9
Fertodi 6	410,0	80,9	24,6	509,2	50,4	10,9
К-8386	355,8	26,7	8,1	518,7	59,9	13,0
К-8407	373,7	44,6	13,5	544,6	85,8	18,7
К-8580	393,3	64,2	19,5	551,6	92,8	20,2
К-8582	385,0	55,9	16,9	512,1	53,3	11,6
К-8683	399,2	70,1	21,3	553,3	94,5	20,6
К-8701/1	348,3	19,2	5,8	505,0	46,2	10,1
К-8829	394,5	65,4	19,9	615,4	156,6	34,1
Среднее по 60 образцам	342,0			494,8		
НСР ₀₅	12,6-21,6			16,5-22,9		

ность зеленой массы проса посевного находилась в пределах 257,0–418,3 ц/га, а во второй срок (фаза молочно-восковой спелости) – 358,3–627,0 ц/га в зависимости от сортообразца, т.е. отмечалось существенное увеличение данного показателя у всех изучаемых образцов проса (на 30,0–291,3 ц/га или 9,0–97,5 %). Наибольшая урожайность зеленой массы (независимо от сроков скашивания) отмечена у 21 образца (*Аскольдо*, *Блестящее*, *Веселоподолянське 311*, *Золотисте*, *Камышинское Юбилейное*, *Киевське 87* и др.). Эти сортообразцы превосходили контрольный сорт *Галинка* в фазы выметывания и молочно-восковой спелости на 18,4–89,2 и 27,0–168,2 ц/га (5,6–27,1 и 5,9–36,7 %) соответственно.

Для кормления крупного рогатого скота важно иметь биомассу определенной питательной ценности, поэтому при уборке проса на зеленый корм и для заготовки кормов необходимо учитывать, что на химический состав и питательность корма существенное влияние оказывает фаза развития растений. В процессе роста и развития происходит накопление сухого вещества, увеличение количества клетчатки, снижение уровня сырого протеина. При этом пере-

варимость отдельных питательных веществ в кормах снижается, поэтому в наших исследованиях мы решили проанализировать химический состав вегетативной массы растений проса при скашивании в разные фазы развития растений.

Известно, что отличительной особенностью зеленой массы проса в фазу выметывания является более высокая влажность, высокое содержание протеина, минеральных веществ и витаминов, а также низкое содержание клетчатки. В наших исследованиях установлено, что зеленая масса проса в данную фазу имела влажность в среднем 81,1–85,3 % и содержала 9,22–14,72 % сырого протеина, 1,94–3,21 % сырого жира, 27,27–34,20 % сырой клетчатки и 8,13–10,80 % сырой золы в зависимости от сортообразца. В фазу молочно-восковой спелости в зеленой массе отмечалось снижение влажности на 7,8–14,2 %, содержания сырого протеина – на 2,7–3,0 %, сырого жира – на 0,1–0,2 %, сырой золы – на 2,78–3,21 %, а содержание сырой клетчатки увеличилось на 0,22–0,48 %.

На основании данных химического анализа зеленой массы был проведен расчет питательной ценности зеленой массы 60 изучавшихся сортообразцов проса в разные сроки уборки. Установлено, что в фазу выметывания в 1 кг зеленой массы проса содержалось в среднем 0,13 к.ед., 1,62 МДж обменной энергии, 168,67 г сухого вещества, 20,98 г сырого и 13,27 г переваримого протеина, 4,21 г сырого жира, 50,84 г сырой клетчатки, 77,90 г сырых БЭВ. В фазу молочно-восковой спелости указанные показатели составили 0,20 к.е., 2,56 МДж, 267,51 г, 23,14 и 14,61 г, 6,37 г, 80,86 г, 140,68 г соответственно, т.е. имело место увеличение всех изучаемых показателей (таблицы 2, 3).

Анализ полученных результатов у различных генотипов проса показал, что в среднем за 2 года при скашивании в фазу выметывания и в фазу молочно-восковой спелости указанные выше показатели изменялись в зависимости от сортообразца в следующих пределах: от 0,10–0,15 до 0,15–0,29 к.ед., от 1,38–1,80 до 2,04–3,41 МДж обменной энергии, от 146,7–188,8 до 224,8–330,7 г сухого вещества, от 16,76–24,98 до 17,04–32,61 г сырого и от 10,25–15,90 до 10,35–14,60 г переваримого протеина, от 3,10–5,50 до 4,36–8,88 г сырого жира, от 41,94–61,62 до 70,09–89,01 г сырой клетчатки, от 64,05–103,20 до 109,40–195,05 г сырых БЭВ соответственно.

При уборке в фазу выметывания наибольшее количество обменной энергии по сравнению с контрольным сортом *Галинка* отмечено у двух, сырого и переваримого протеина – у восьми из лучших по урожайности зеленой массы сортообразцов проса. Тем не менее, наибольший интерес для селекции сортов зеленоукосного направления использования при условии скашивания в фазу выметывания представляют сортообразцы *Миронівське 94*, *Fertodi 6*, *K-8580*, которые по содержанию переваримого протеина превышали контроль на 5,1–10,2 % (таблица 2).

При скашивании в фазу молочно-восковой спелости по сравнению с фазой выметывания у всех изучаемых сортообразцов наблюдалось существенное увеличение содержания сухого вещества, сырой клетчатки, БЭВ и, как следствие, количество обменной энергии и кормовых единиц. Самая высокая питательная ценность зеленого корма проса получена в фазу молочно-восковой спелости

Таблица 2 – Химический состав и питательная ценность зеленой массы лучших по урожайности сортообразцов проса в фазу вымётывания (среднее за 2018–2019 гг.)

Образец	Содержание в 1 кг зеленой массы								сырой клетчатки, г	БЭВ, г
	кормовых единиц	обменной энергии, МДж	сухого вещества, г	сырого протеина, г	переваримого протеина, г	сырого жира, г	сырого протеина, г	сырой клетчатки, г		
Галлинка – контроль (ср.)	0,13	1,69	186,85	22,48	13,70	4,28	61,62	103,20		
Аскольдо	0,13	1,66	176,65	21,93	13,65	3,77	54,99	81,15		
Блестящее	0,11	1,44	150,90	19,72	12,45	4,25	45,64	66,95		
Веселоподольняське 311	0,14	1,68	171,45	21,87	14,05	4,83	49,86	79,50		
Золотисте	0,13	1,65	168,25	21,25	13,70	4,87	48,72	78,20		
Камышинское Юбилейное	0,13	1,62	168,30	19,00	12,05	3,71	50,48	80,85		
Клевське 87	0,12	1,52	154,70	19,65	12,60	4,01	44,60	71,75		
Клевське 95	0,13	1,68	174,25	21,54	13,65	5,05	51,75	79,65		
Миронівське 51	0,13	1,60	165,95	20,71	13,10	4,94	49,68	76,45		
Миронівське 94	0,13	1,75	188,80	23,34	14,40	4,33	59,99	85,25		
Омряне	0,11	1,41	147,20	19,85	12,55	3,77	44,49	64,05		
Оренбургское 20	0,12	1,57	163,45	22,61	14,35	4,04	48,95	73,65		
Харківське 57	0,12	1,54	156,05	21,30	13,70	4,40	44,71	70,80		
Мутант 83-8322	0,12	1,44	146,70	21,80	14,10	4,20	42,29	64,15		
Fertodi 6	0,13	1,59	167,85	23,98	15,00	3,82	51,76	73,05		
K-8386	0,14	1,77	186,85	21,21	13,30	4,78	57,65	88,45		
K-8407	0,12	1,54	164,35	21,54	13,40	3,84	51,70	73,35		
K-8580	0,12	1,51	158,45	23,77	15,10	3,72	48,07	67,35		
K-8582	0,11	1,48	158,40	20,10	12,40	4,21	49,97	68,20		
K-8683	0,12	1,50	155,75	20,36	12,90	3,94	46,44	70,10		
K-8701/1	0,13	1,67	181,25	21,71	13,40	3,93	58,27	82,20		
K-8829	0,13	1,65	170,75	21,54	13,75	4,37	50,72	79,55		
Среднее по 60 образцам	0,13	1,62	168,67	20,98	13,27	4,21	50,84	77,90		

Таблица 3 – Химический состав и питательная ценность зеленой массы лучших по урожайности сортов образцов проса в фазу молочно-восковой спелости (среднее за 2018-2019 гг.)

Образец	Содержание в 1 кг зеленой массы									
	кормо- вых единиц	обменной энергии, МДж	сухого вещества, г	сырого протеина, г	переваримого протеина, г	сырого жира, г	сырой клет- чатки, г	БЭВ, г		
<i>Галинка – контроль (ср.)</i>	0,19	2,38	243,30	23,43	14,95	6,47	70,76	128,35		
Аскольдо	0,23	2,84	288,55	30,23	19,45	8,71	82,71	148,45		
Блестящее	0,17	2,33	256,80	19,75	12,05	5,60	84,63	131,05		
Веселодолянське 311	0,20	2,54	262,30	30,71	19,45	7,33	77,63	130,10		
Золотисте	0,21	2,56	263,80	20,28	12,90	6,04	77,79	142,40		
Камышинское Юбилей- ное	0,20	2,55	266,95	28,94	18,25	6,15	80,91	134,85		
Клевське 87	0,19	2,38	244,70	27,63	17,65	6,23	71,84	123,45		
Клевське 95	0,20	2,67	283,75	21,69	13,55	5,74	88,50	151,75		
Миронівське 51	0,22	2,75	283,35	22,00	14,05	7,46	83,35	153,60		
Миронівське 94	0,23	2,88	297,90	20,00	12,70	8,06	88,65	163,50		
Омряне	0,20	2,53	262,20	19,99	12,65	6,24	77,89	142,00		
Оренбургское 20	0,21	2,56	257,05	27,10	17,50	6,84	72,09	133,75		
Харківське 57	0,20	2,47	252,40	17,43	11,20	5,63	72,99	140,65		
Мулант 83-8322	0,16	2,23	247,15	18,17	11,15	4,87	81,88	127,15		
Fertodi 6	0,17	2,31	251,75	20,76	12,70	6,17	81,77	128,05		
K-8386	0,21	2,71	285,85	24,60	15,30	6,86	87,56	147,10		
K-8407	0,24	2,93	296,30	23,78	15,40	8,35	84,05	162,40		
K-8580	0,19	2,41	259,90	22,06	13,65	5,33	82,84	132,85		
K-8582	0,23	2,88	293,45	22,87	14,75	8,24	84,44	160,60		
K-8683	0,17	2,25	244,30	26,90	16,60	5,59	78,49	117,15		
K-8701/1	0,18	2,37	252,35	21,69	13,50	5,98	78,87	129,85		
K-8829	0,21	2,62	270,75	18,52	11,75	5,6	80,18	152,05		
Среднее по 60 образцам	0,20	2,56	267,51	23,14	14,61	6,37	80,86	140,68		

(таблица 3). При этом по количеству обменной энергии контрольный сорт *Галинка* превысили 15 образцов, по содержанию сырого и переваримого протеина – 8 из лучших по урожайности зеленой массы сортообразцов проса. Наиболее высокое в среднем за годы исследований содержание сырого и переваримого протеина выявлено у сортообразцов *Аскольдо*, *Веселоподолянське 311*, *Камышинское Юбилейное*, *Киевське 87*, *Оренбургское 20*, *К-8683*, которые превосходили по этим показателям контрольный сорт *Галинка* на 14,8–31,1 и 11,0–30,1 % соответственно. Однако у отдельных коллекционных образцов (*Харківське 57*, *Мутант 83-8322*, *Миронівське 94*, *К-8829*, *Fertodi 6*, *К-8580*) в фазу молочно-восковой спелости наблюдалось достоверное снижение содержания сырого протеина по отношению к уборке в фазу выметывания на 7,8 – 22,2 %, переваримого протеина – на 10,6–26,5 %. По нашему мнению, такое явление обусловлено генотипическими особенностями данных сортов (более быстрое огрубение вегетативной массы растений).

Таким образом, 6 сортообразцов проса посевного (*Аскольдо*, *Веселоподолянське 311*, *Камышинское Юбилейное*, *Киевське 87*, *Оренбургское 20*, *К-8683*) могут считаться источниками высокой урожайности и питательной ценности зеленой массы и их целесообразно в дальнейшем использовать в селекционном процессе для создания высокоурожайных зеленоукосных (кормовых) сортов проса.

Выводы

1. При уборке растений проса в фазу молочно-восковой спелости в среднем за годы исследований формируется урожайность зеленой массы в зависимости от сортообразца на 9,0–97,5 % больше по сравнению с более ранней уборкой (фаза выметывания).

2. Наибольшая урожайность зеленой массы независимо от срока скашивания отмечена у 21 образца (*Аскольдо*, *Блестящее*, *Веселоподолянське 311*, *Золотисте*, *Камышинское Юбилейное*, *Киевське 87* и др.), которые превосходили контрольный сорт *Галинка* в фазы выметывания и молочно-восковой спелости на 5,6–27,1 и 5,9–36,7 % соответственно.

3. Наибольший интерес для селекции сортов зеленоукосного направления использования при условии скашивания в фазу выметывания представляют сортообразцы *Миронівське 94*, *Fertodi 6*, *К-8580*, которые по содержанию переваримого протеина превышали контроль на 5,1–10,2 %

4. Источниками высокой урожайности и питательной ценности зеленой массы в фазу молочно-восковой спелости могут считаться 6 сортообразцов проса посевного (*Аскольдо*, *Веселоподолянське 311*, *Камышинское Юбилейное*, *Киевське 87*, *Оренбургское 20*, *К-8683*), которые целесообразно использовать в селекционном процессе для создания высокоурожайных зеленоукосных (кормовых) сортов проса.

Литература

1. Русый, М.И. Эффективное кормопроизводство – важнейший фактор укрепления экономики животноводства / М.И. Русый // Технология кормопроизводства, обеспечение скота качественными кормами и белком и увеличение на этой основе производства молока и мяса: материалы семинара-учебы руководящих кадров АПК, г. Горки, январь 2012 г. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – С. 3-4.
2. Логинов, В.Ф. Основные принципы адаптации земледелия Беларуси к изменяющемуся климату / В.Ф. Логинов, М.А. Кадыров, Т.А. Комышенко // Природопользование. – 2010. – Вып. 17. – Минск. С. 23-39.
3. Никифорова, И.Ю. Просо – высокодоходная культура / И.Ю. Никифорова, М.Г. Хамитов // Слагаемые эффективного агробизнеса: обобщение и рекомендации. – Казань, 2005. – Ч. 1: Земледелие и растениеводство. – 281 с.
4. 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. раст. – 2008. – №5. – С. 107-109.
5. Жирных, С.С. Просо ценная – силосная культура / С.С. Жирных, Л.О. Андрианова, С.И. Коконов // Агропром Удмуртии. – 2013. – №11. – С. 16-17.
6. Шелото, А.А. Кормопроизводство: учебник для высших учебных заведений по агроспециальностям / А.А. Шелото [и др.]; под ред. А.А. Шелото. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 472 с.
7. Сайт ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://sorttest.by> – Дата доступа: 8.02.2020.
8. Овсянников, А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсянников. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ASSESSMENT OF MILLET COLLECTION ACCESSIONS ON YIELD, CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIONAL VALUE OF GREEN MASS

V.N. Kudelko, N.A. Luzhinskaya, P.O. Koshevoi, Ya.A. Titova

The paper deals with the results of the assessment of millet collection accessions on yield, chemical composition and nutritional value of green mass. It's established that on average when harvesting millet plants at the milk-wax stage of ripeness, green mass yield is formed 9.0-97.5% more compared to an earlier harvest (paniculation stage) and depending on a variety. It's identified that the varieties Askoldo, Veselopodlyanske 311, Kamyshinskoye, Yubileinoe, Kievskie 87, Orenburskoye, K-8683 have the highest content of crude and digestible protein. On these indicators they exceeded the standard variety Galinka by 14.8–31.1 and 11.0–30.1%. In this connection it's reasonable to use them in breeding for the development of high yield varieties of millet.

ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА КУКУРУЗЫ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ВЛАГООТДАЧИ ЗЕРНА В ПРЕДУБОРОЧНЫЙ ПЕРИОД

В.И. Кравцов, ст.н.с., **Л.П. Шиманский**, кандидат с.-х. наук
РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 03.04.2020)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье отражены результаты оценки исходного материала кукурузы по признаку интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период. В результате исследований выделены самоопыленные линии кукурузы, относящиеся к различным гетерозисным группам, с высоким темпом влагоотдачи зерном в предуборочный период. Определена возможность использования выделившихся линий в качестве родительских форм при создании простых гибридов с высоким темпом влагоотдачи. В качестве гетерозисных моделей гибридов с высокой интенсивностью влагоотдачи зерном в предуборочный период рекомендовано использовать гетерозисные модели: Рейд х Лакон, Рейд х Со-125, Рейд х Ланкастер, Лакон х Ланкастер, Лакон х Со-125.

Введение. В процессе селекционной работы селекционеры и генетики всего мира работают как над повышением урожайности, так и качества производимой продукции. Одним из признаков, позволяющих достигнуть этой цели, является низкая уборочная влажность зерна кукурузы. Испарение влаги из зерна при созревании присуще всем зерновым культурам. Однако именно для кукурузы, имеющей длительный вегетационный период, данный вопрос является одним из первостепенных. Особенно остро он стоит при возделывании этой культуры в зонах с ограниченной теплообеспеченностью, к которым относится и Республика Беларусь. Целенаправленная работа на низкое содержание влаги в зерне кукурузы и вскрытие генетических механизмов контроля этого признака начались в 70-х годах XX века. Причиной этому послужил нефтяной кризис в США, поскольку для досушки зерна применялись производные нефтепродуктов. К настоящему времени исследования в этом направлении представляют большой интерес в плане селекционно-генетических изысканий [4].

Достижение пониженной влажности зерна возможно несколькими путями, среди них наиболее изучены агротехнические приемы: ранний посев, подбор скороспелых гибридов, внесение оптимальных доз азотных удобрений и формирование оптимальной густоты стояния растений. Важно исследование физиолого-морфологических особенностей початка, приводящих к ускоренной потере влаги зерном при созревании.

Гибриды кукурузы, отличающиеся быстрой влагопотерей, обладают рядом технологических преимуществ: более ранней уборкой, позволяющей освободить площадь под озимые; качественной очисткой початков от листовых обертков; лучшим обмолотом початков и уменьшением травмированности зерна

при прямом комбайнировании; снижением потерь и поврежденности болезнями после достижения зерном физиологической спелости; способностью экономить средства при транспортировке и около 30–40 % на досушке зерна.

Использование гибридов с более коротким вегетационным периодом и пониженной уборочной влажностью зерна позволяет снизить затраты на сушку. Однако в условиях Беларуси имеют более высокий потенциал урожайности зерна гибриды среднеранней и среднеспелой групп спелости. В связи с этим необходимо создание гибридов этих групп спелости, отличающихся пониженной уборочной влажностью зерна [3, 4].

Зарубежные селекционно-семеноводческие фирмы давно работают в этом направлении, благодаря чему большинство иностранных гибридов отличается быстрой потерей влаги зерном при созревании. Работа в данном направлении позволила бы повысить конкурентоспособность новых белорусских гибридов зернового и универсального направления использования.

Различные литературные источники указывают на то, что быстрая влагоотдача зерном при созревании является генетически обусловленным признаком и контролируется преимущественно генами аддитивного характера взаимодействия. Коэффициенты наследуемости имеют высокий уровень, что указывает на стабильность проявления признака и эффективность рекуррентного отбора [1, 2]. Вышесказанное свидетельствует о преимуществе гибридов, обладающих низким содержанием влаги в зерне к уборке, и, как следствие, актуальности работ по исследованию этого признака.

Основная цель исследований – определить общую комбинационную способность исходного материала кукурузы по признаку «интенсивность влагоотдачи зерном в предуборочный период» для прогнозирования интенсивности влагоотдачи у различных гетерозисных моделей гибридов.

Методика и объекты исследований. Исследования проводили на опытных полях РНДУП «Полесский институт растениеводства в 2017-2018 гг. Объекты исследований: 1 – самоопыленные линии кукурузы, относящиеся к различным гетерозисным группам; 2 – простые гибриды, реализованные в диаллельной схеме скрещиваний (прямые скрещивания, неполная диаллель) – 45 гибридных комбинаций.

Посев питомников оценки проводили 21-25 апреля при среднесуточной температуре пахотного горизонта почвы 10 °С. Повторность опыта – однократная, учетная площадь делянки – 4,9 м². Динамика влагоотдачи зерном определялась на основе темпорального отбора 2-х проб с каждой делянки на 40, 50, 60 и 70 день после цветения початка.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая связносупесчаная. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: рН (KCl) – 5,7, содержание P₂O₅ – 442 мг/кг, K₂O – 284 мг/кг, Са – 987 мг/кг, Mg – 169 мг/кг почвы, гумуса – 2,71 %. Предшественник – кукуруза. Обработка почвы – типичная под кукурузу в южной зоне Беларуси: минеральные удобрения N₁₅₀P₆₀K₁₂₀, N₃₀ – предпосевное внесение (карбамид); N₆₀ – подкормка в фазу 5 листьев (КАС 32); N₆₀ – подкормка в фазу 8 листьев (КАС 32); P₆₀ – осенью под основную обработку (суперфосфат); K₁₂₀ – осенью под основную обработку (хлористый калий).

Внесение пестицидов: химическая прополка посевов – Аденго, 465, КС (0,35 л/га) в фазу 2-3 листьев кукурузы; инсектицидная обработка – Протеус, 1,0 л/га в фазу перед выметыванием.

Проводили фенологические наблюдения – определение динамики влагоотдачи зерном, начиная с фазы восковой спелости до полной спелости зерна.

Температурные и водные режимы вегетационных периодов за годы исследований значительно различались, что оказало значительное влияние на интенсивность влагоотдачи зерном образцами – рисунок 1.

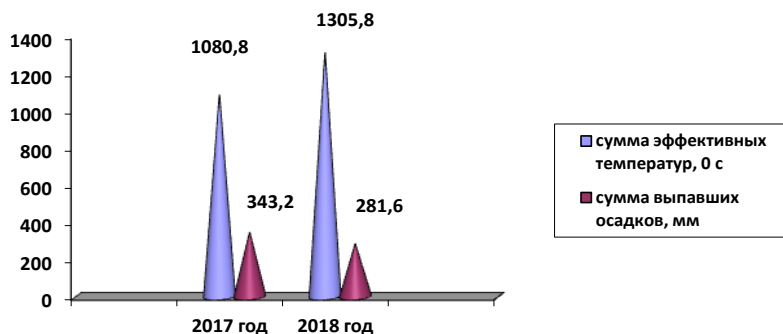


Рисунок 1 – Метеорологические условия вегетационных периодов 2017-2018 гг.

Температурный и водный режим вегетационного периода 2017 г. был недостаточно благоприятным для роста и развития растений кукурузы, особенно в первой половине вегетации. Сумма эффективных температур с мая по сентябрь составила 1080,8 °C. Сумма осадков за вегетационный период – 343,2 мм. Недостаток суммы эффективных температур в первой половине вегетации не был компенсирован высокими положительными температурами в июле-августе, что привело к удлинению фаз развития растений кукурузы в среднем на 14–15 дней по сравнению со среднемноголетними показателями, и, в конечном итоге, к сдвигу сроков уборки осенью в связи с высокой уборочной влажностью зерна.

Вегетационный период 2018 г. был относительно благоприятным для роста и развития кукурузы. Сумма эффективных температур со второй декады апреля по вторую декаду сентября составила 1305,8 °C. Сумма выпавших осадков – 281,6 мм. Характерной особенностью вегетационного периода 2018 г. является неравномерность выпадения осадков, то есть чередование периодов с недостатком влаги и периодов с хорошей влагообеспеченностью (особенно в первый период вегетации).

Результаты исследований и их обсуждение. В качестве родительских форм для синтеза гибридов использовали самоопыленные линии кукурузы, относящиеся к различным гетерозисным группам (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация самоопыленных линий кукурузы по гетерозисным группам

Шифр линии	Гетерозисная группа	Консистенция зерна
БКР 505	Со - 125	Зуб.
БКР 501		
БКР 901	Рейд	Зуб.
БКР 903		
БКР 101	Лакон	Крем.
БКР 109		
БКР 715	Айодент	Зуб.
БКР 703		
БКР 804	Ланкастер	Зуб.
БКР 401	Со 72-75	Зуб.

Оценка интенсивности влагоотдачи зерном гибридными комбинациями указала на различия по данному показателю у самоопыленных линий при их использовании в качестве материнской или отцовской форм (таблицы 2–3).

Комбинационная способность материнских форм различалась по годам. В среднем по опыту в 2018 г. как в первый, так и во второй предуборочный периоды интенсивность влагоотдачи у материнских форм была выше, чем в 2017 г. – на 0,14 и 0,09 % соответственно (таблица 4). В 2017 г. по комбинационной способности (высокий ранг ОКС) выделились материнские формы БКР 901, БКР 903 – гетерозисная группа Рейд, БКР 501 (Со 125) и БКР 109 (Лакон).

В 2018 г. высоким рангом комбинационной способности обладали материнские формы БКР 505 (Со-125), БКР 703 (Айодент), БКР 903, БКР 901 (Рейд), БКР 801 (Ланкастер), БКР 109 (Лакон).

В 2017 г. среди отцовских форм кукурузы высокой комбинационной способностью по интенсивности влагоотдачи зерном обладали линии БКР 501, БКР 505 (гетерозисная группа Со 125), БКР 801 (гетерозисная группа Ланкастер) и БКР 105 (гетерозисная группа Лакон). В 2018 г. высокий ранг ОКС по интенсивности влагоотдачи имели самоопыленные линии БКР 901 (Рейд), БКР 715 (Айодент), БКР 505 (Со-125), БКР 801 (Ланкастер), БКР 105 (Лакон) (таблица 5).

В среднем за годы исследований высокой ОКС по интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период при использовании в качестве материнских форм простых гибридов выделились линии БКР 901, БКР 903 (Рейд), БКР 109 (Лакон). При использовании в качестве отцовских форм выделились линии БКР 105 (Лакон), БКР 801 (Ланкастер), БКР 505 (Со-125). Данные линии можно рассматривать в качестве доноров высокой интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период.

Таблица 2 – Интенсивность влагоотдачи зерном в предуборочный период у простых гибридов (2017 г.)

♀	♂	БKR 901	БKR 101	БKR 501	БKR 109	БKR 715	БKR 401	БKR 903	БKR 505	БKR 801	БKR 105	БKR 804	Среднее по материнским формам
БKR 505	на 40 день	1,32	1,27	1,40		1,38	1,32						1,34
	на 70 день	1,07	0,99	1,05		1,09	1,00						1,04
БKR 703	на 40 день	1,43	1,42	1,41	1,37	1,44	1,43	1,43	1,53			1,56	1,45
	на 70 день	1,00	0,99	1,01	1,00	1,00	0,99	1,01	1,11			0,96	1,01
БKR 901	на 40 день		1,39	1,40			1,48						1,42
	на 70 день		1,00	1,05			1,05						1,03
БKR 804	на 40 день	1,38	1,46	1,41	1,35	1,43	1,41	1,40	1,34				1,40
	на 70 день	1,15	1,01	1,06	0,95	1,11	1,01	0,96	1,02				1,03
БKR 903	на 40 день	1,44	1,33	1,42		1,28			1,42	1,42			1,39
	на 70 день	1,14	1,03	1,14		1,14			1,03	1,10			1,10
БKR 109	на 40 день	1,38		1,43				1,46		1,44	1,44		1,43
	на 70 день	1,04		1,04				1,05			1,12		1,06
БKR 715	на 40 день	1,28	1,39	1,43	1,21		1,35						1,33
	на 70 день	1,10	1,19	1,18	1,06		1,03						1,11
БKR 801	на 40 день				1,57								1,57
	на 70 день				1,03								1,03
БKR 501	на 40 день						1,44						1,44
	на 70 день						1,03						1,03
БKR 101	на 40 день			1,37									1,37
	на 70 день			1,06									1,06
БKR 710	на 40 день				1,37								1,37
	на 70 день				1,01								1,01
БKR 401	на 40 день		1,48										1,48
	на 70 день		1,01										1,01
Среднее по отцовским формам	на 40 день	1,37	1,39	1,41	1,37	1,38	1,41	1,43	1,43	1,42	1,41	1,56	
	на 70 день	1,08	1,03	1,07	1,01	1,09	1,02	1,01	1,05	1,10	1,12	0,96	

Таблица 3 – Интенсивность влагоотдачи зерном в предуборочный период у простых гибридов (2018 г.)

♀	♂	БКР 901	БКР 101	БКР 501	БКР 109	БКР 715	БКР 401	БКР 903	БКР 505	БКР 801	БКР 105	БКР 804	P12a	Среднее по материнским формам
БКР 505	на 40 день	1,50	1,57	1,56	1,58	1,52	1,53							1,54
	на 70 день	1,19	1,19	1,11	1,15	1,15	1,09							1,15
БКР 703	на 40 день	1,60	1,42	1,63	1,64	1,53	1,59	1,51	1,62			1,56		1,57
	на 70 день	1,23	1,09	1,12	1,14	1,14	1,10	1,20	1,14			1,14		1,14
БКР 901	на 40 день		1,33	1,61									1,61	1,52
	на 70 день		1,14	1,16									1,22	1,17
БКР 804	на 40 день	1,42	1,39	1,46	1,48	1,55	1,58	1,50	1,55					1,49
	на 70 день	1,14	1,09	1,15	1,07	1,17	1,09	1,12	1,16					1,12
БКР 903	на 40 день	1,61	1,58	1,63		1,62			1,54	1,55				1,59
	на 70 день	1,23	1,19	1,21		1,19			1,15	1,14				1,19
БКР 109	на 40 день	1,56		1,48				1,51			1,63			1,55
	на 70 день	1,15		1,13				1,13			1,14			1,14
БКР 715	на 40 день	1,59	1,47	1,45	1,52		1,47							1,50
	на 70 день	1,19	0,97	1,11	1,11		1,08							1,09
БКР 801	на 40 день				1,59									1,59
	на 70 день				1,19									1,19
БКР 501	на 40 день													1,51
	на 70 день						1,11							1,11
БКР 101	на 40 день			1,55										1,55
	на 70 день			1,13										1,13
БКР 401	на 40 день		1,47											1,47
	на 70 день		1,11											1,11
Среднее по отцовским формам	на 40 день	1,55	1,46	1,55	1,56	1,56	1,54	1,51	1,57	1,55	1,63	1,56	1,61	1,55
	на 70 день	1,19	1,11	1,14	1,13	1,16	1,09	1,15	1,15	1,14	1,14	1,14	1,22	1,11

Таблица 4 – Комбинационная способность материнских форм по интенсивности влагоотдачи (среднее за 2017-2018 гг.)

Материнская форма	Средняя по опыту интенсивность влагоотдачи, %		Отклонение от средней по опыту, %		Ранг ОКС	
	На 40 день	На 70 день	На 40 день	На 70 день		
2017 г.						
БКР 505	1,40	1,05	-0,06	-0,01	Сред.	
БКР 703			+0,05	-0,04	Сред.	
БКР 901			+0,02	-0,02	Выс.	
БКР 804			0	-0,02	Сред.	
БКР 903			-0,01	+0,05	Выс.	
БКР 109			+0,03	+0,01	Выс.	
БКР 715			-0,07	+0,06	Сред.	
БКР 801			+0,17	-0,02	Выс.	
БКР 501			+0,04	-0,02	Выс.	
БКР 101			-0,03	+0,01	Сред.	
БКР 710			-0,03	-0,04	Низ.	
БКР 401			+0,08	-0,04	Сред.	
2018 г.						
БКР 505	1,54	1,14	0	+0,01	Выс.	
БКР 703			+0,03	0	Выс.	
БКР 901			-0,02	+0,03	Выс.	
БКР 804			-0,05	-0,02	Сред.	
БКР 903			+0,05	+0,05	Выс.	
БКР 109			+0,01	0	Выс.	
БКР 715			-0,04	-0,05	Сред.	
БКР 801			+0,05	+0,05	Выс.	
БКР 501			-0,03	-0,03	Сред.	
БКР 101			+0,01	-0,01	Сред.	
БКР 710			-0,07	-0,03	Сред.	
БКР 401						

Таблица 5 – Комбинационная способность отцовских форм кукурузы по интенсивности влагоотдачи зерна в предуборочный период (среднее за 2017-2018 гг.)

Отцовская форма	Средняя по опыту интенсивность влагоотдачи, %		Отклонение от средней по опыту, %		Ранг ОКС
	На 40 день	На 70 день	На 40 день	На 70 день	
1	2	3	4	5	6
2017 г.					
БКР 901	1,40	1,05	-0,03	+0,03	Сред.
БКР 101			-0,01	-0,02	Низ.
БКР 501			+0,01	+0,02	Выс.
БКР 109			-0,03	-0,04	Низ.
БКР 715			-0,02	+0,04	Сред.
БКР 401			+0,01	-0,03	Сред.
БКР 903			+0,03	-0,04	Сред.
БКР 505			+0,03	0	Выс.

1	2	3	4	5	6		
БКР 801	1,40	1,05	+0,02	+0,05	Выс.		
БКР 105			+0,01	+0,07	Выс.		
БКР 804			+0,16	-0,09	Сред.		
2018 г.							
БКР 901			+0,01	+0,05	Выс.		
БКР 101			-0,08	-0,03	Сред.		
БКР 501			+0,01	0	Сред.		
БКР 109			+0,02	-0,01	Сред.		
БКР 715			+0,02	+0,02	Выс.		
БКР 401			0	-0,05	Сред.		
БКР 903			-0,03	+0,01	Сред.		
БКР 505			+0,03	+0,01	Выс.		
БКР 801			+0,01	0	Сред.		
БКР 105			+0,09	0	Выс.		
БКР 804			+0,02	0	Сред.		
					+0,07	+0,08	Выс.

В качестве гетерозисных моделей гибридов с высокой интенсивностью влагоотдачи зерном в предуборочный период можно рекомендовать гетерозисные модели: Рейд х Лакон, Рейд х Со-125, Рейд х Ланкастер, Лакон х Ланкастер, Лакон х Со-125.

Выводы

1. По интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период при использовании в качестве материнских форм выделились линии БКР 901, БКР 903 (Рейд), БКР 109 (Лакон).

2. По интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период при использовании в качестве отцовских форм выделились линии БКР 105 (Лакон), БКР 801 (Ланкастер), БКР 505 (Со-125).

3. В качестве гетерозисных моделей гибридов с высокой интенсивностью влагоотдачи зерном в предуборочный период рекомендуется использовать гетерозисные модели: Рейд х Лакон, Рейд х Со-125, Рейд х Ланкастер, Лакон х Ланкастер, Лакон х Со-125.

Литература

1. *Игнатъев, А.С.* Интенсивность влагоотдачи зерна при созревании у среднеспелых самоопыленных линий кукурузы / А.С. Игнатъев, Г.Я. Кривошеев / ГНУ Всероссийский НИИ зерновых культур им. И.Г. Калиненко // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 1(13). – С. 23–28.

2. *Мороз, В.В.* Зависимость между уборочной влажностью и признаками зерна початка и растения кукурузы / В.В. Мороз // Бюлл. ВНИИ кукурузы. – Днепропетровск, 1986. – Вып.1(66). – С. 13–20.

3. *Мустьяца, С.И.* Динамика влажности зерна / С.И. Мустьяца, С.И. Мистрец // Кукуруза и сорго. – 1993. – № 5. – С. 15–17.

4. *Чистяков, С.Н.* Изучение динамики влагоотдачи зерном у линий и гибридов кукурузы при его созревании / С.Н. Чистяков, А.И. Супрунов, Р.В. Ласкин // Научный журнал. – Куб. ГАУ, 2012. – № 84 (10). – С. 1–12.

STUDY OF MAIZE INITIAL MATERIAL ON INTENSITY OF GRAIN WATER-YIELDING CAPACITY DURING THE PRE-HARVEST PERIOD

V.I. Kravtsov, L.P. Shimansky

The article reflects the results of the evaluation of maize initial material in terms of intensity of grain water-yielding capacity during the pre-harvest period. As a result of the conducted research self-pollinated lines of maize of different heterotic groups were identified with a high rate of grain water-yielding capacity during the pre-harvest period. The possibility of using the identified lines as parent forms was established while developing single-cross hybrids with a high rate of water-yielding capacity. It's recommended to use the models: Raid x Lacon, Raid x Co-125, Raid x Lancaster, Lacon x Lancaster, Lacon x Co-125 as heterotic models with a high intensity of grain water-yielding capacity during the pre-harvest period.

УДК 633.367.2:631.527

ГЕНЕТИКА ТЕМПА НАЧАЛЬНОГО РОСТА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

А.А. Козловский, научный сотрудник

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Поступила 25.02.2020)*

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

***Аннотация.** В статье представлены результаты гибридологического анализа признака «темпа начального роста» люпина узколистного. Обобщаются сведения литературы и собственные данные по генетике указанного признака. Обсуждаются дальнейшие направления селекции интенсивных сортов люпина узколистного.*

Введение. Продолжающаяся аридизация климата планеты и тот факт, что в Европе этот процесс идет более высокими темпами, чем в среднем по миру [7], ориентируют селекцию на ускоренное целенаправленное создание у сельскохозяйственных культур, в том числе и у люпина узколистного, интенсивных сортов различного типа развития (яровых, факультативных, озимых и многолетних) с высоким потенциалом как продуктивности, так и адаптивности.

У люпина узколистного к настоящему времени выведена серия яровых интенсивных сортов (*Миртан*, *Першацвет* и др.) с потенциальной урожайностью семян 5-6 т/га. Однако для реализации высокого потенциала урожайности в условиях сельскохозяйственного производства и меняющегося климата эта культура нуждается в дальнейшем повышении потенциала ее адаптивности. Мы полагаем, что у люпина узколистного существенно повысить потенциал адаптивности, как средства реализации высокого потенциала продуктивности, можно только селекционным путем, используя в гибридизации близкие к нему дикие формы трибы (*Tribus L. angustifolii*): люпин поздноцветущий (*L. opsianthus* Atab. et Maiss) и люпин льнолистный (*L. linifolius* Roth). Эти дикие

формы имеют многие желательные для люпина узколистного признаки адаптивности (устойчивость к холоду и засухе, ксероморфность мезоструктуры, высокая интенсивность фотосинтеза, толерантность к болезням, вредителям, низкотоксичность алкалоидного комплекса и др.), которые у первого за время его domestikации и использования в культуре потеряны. Однако следует особо подчеркнуть, что указанные дикие формы характеризуются очень медленным и медленным темпом начального роста [4, 5]. Поэтому для их успешного и результативного использования в селекционном процессе по повышению потенциала адаптивности люпина узколистного необходима информация по генетике признака «темпа начального роста» растений.

В мировой литературе генетике темпа начального роста люпина узколистного уделено крайне мало внимания [1, 2, 3, 4]. Цель настоящей работы состоит в том, чтобы восполнить этот пробел.

Материал и метод исследования. Объектом изучения являлись дикие формы люпина (*L. opsianthus* Atab. et Maiss, *L. linifolius* Roth), сорта люпина узколистного (*L. angustifolii*), обладающие разным темпом начального роста (*Гелена*, *Периацивет*, *Миртан*), гибриды люпина узколистного F_1 и F_2 .

Морфофизиологические и генетические исследования проводили в соответствии с методическими указаниями [8, 9]

Результаты исследований и обсуждение. На основании проведенных исследований коллекции люпина узколистного (59 штук) и сведений литературы [1, 2, 3] установлено, что для подавляющего большинства диких форм характерен очень медленный, медленный и средний темп начального роста. Образцы с быстрым темпом начального роста среди диких форм встречаются очень редко. Сорта и селекционные образцы люпина узколистного обладают преимущественно средним и быстрым темпом начального роста, редко – таковым медленным и очень быстрым.

Генетический анализ темпа начального роста образцов люпина узколистного, склонных к яровизации, проведенный польским исследователем Миколайчиком [2], выявил, что указанный признак контролируется генами трех локусов. Совместно доминантные аллели этих локусов определяют медленный темп роста диких форм люпина узколистного, а также и люпина льнолистного. Рецессивные аллели обуславливают средний темп начального роста, а их парное сочетание в одном генотипе – быстрый темп роста.

Генетический анализ темпа начального роста как у склонных, так и склонных к яровизации образцов и сортов люпина узколистного, проведенный в Беларуси [4], установил, что очень медленный темп начального роста, характерный для диких форм типа Опсиантус, является истинно диким признаком и обусловлен действием блока диких генов четырех локусов ($gra1^+$, $gra2^+$, $gra3^+$, $gra4^+$). Медленный темп начального роста, характерный для диких форм типа люпина льнолистного, контролируется рецессивным геном $gra1$. Быстрый темп начального роста польского сорта *Эмир* обусловлен действием двух рецессивных генов $gra2$ и $gra3$, а очень быстрый темп начального роста польского сорта *Мирелла* контролируется блоком из трех рецессивных генов $gra1$, $gra2$, $gra3$.

Изложенные выше сведения, имеющиеся в литературе, показывают, что темп начального роста люпина узколистного является сложным признаком, который контролируется у разных его типов различным сочетанием диких и рецессивных генов.

Учитывая это, мы провели сравнительный генетический анализ темпа начального роста у диких форм (люпина поздноветущего, льнолистного), а также современных сортов люпина узколистного (*Гелена*, *Першацвет*, *Миртан*). Результаты исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расщепление по темпу начального роста в F₂ гибридов люпина узколистного

Гибридная комбинация, темп начального роста родителей и F ₁	Количество растений в F ₂ , всего из них с темпом начального роста, шт.	Соотношение	X ₂
1	2	3	4
Гелена х Дикая ф. Опсиантус	всего 170	3:1	0,39
P ₁ средний	131 очень медленный		
P ₂ очень медленный	39 средний		
F ₁ очень медленный			
Першацвет х Дикая ф. Опсиантус	всего 172	9:3:3:1	1,20
P ₁ быстрый	100 очень медленный		
P ₂ очень медленный	35 медленный		
F ₁ очень медленный	28 средний 9 быстрый		
Миртан х Дикая ф. Опсиантус	всего 178	27:9:18:6:4	2,47
P ₁ очень быстрый	79 очень медленный		
P ₂ очень медленный	20 медленный 53 средний		
F ₁ очень медленный	17 быстрый 9 очень быстрый		
Гелена х Дикая ф. Льнолистный	всего 176	9:3:3:1	2,59
P ₁ средний	107 очень медленный		
P ₂ медленный	27 медленный		
F ₁ медленный	34 средний 8 очень быстрый		
Першацвет х Дикая ф. Льнолистный	всего 172	27:9:18:6:4	3,85
P ₁ быстрый	76 очень медленный		
P ₂ медленный	21 медленный 49 средний		
F ₁ очень медленный	20 быстрый 6 очень быстрый		
Миртан х Дикая ф. Льнолистный	всего 178	9:6:1	1,24
P ₁ очень быстрый	107 медленный		
P ₂ медленный	62 быстрый		
F ₁ медленный	9 очень быстрый		

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Першацвет х Гелена	всего 170	3:1	0,64
P ₁ быстрый	132 средний		
F ₁ средний	38 быстрый		
Миртан х Гелена	всего 177	9:6:1	2,19
P ₁ быстрый	107 средний		
P ₂ очень медленный	63 быстрый		
F ₁ очень медленный	7 очень быстрый		
Миртан х Першацвет	всего 166	3:1	0,40
P ₁ очень быстрый	128 быстрый		
P ₂ быстрый	38 очень быстрый		
F ₁ быстрый			

Из таблицы видно, что при скрещивании сорта *Гелена*, обладающего средним темпом начального роста с дикой формой Опсиантус гибрид первого поколения имеет очень медленный темп начального роста, а во втором поколении этого гибрида происходит расщепление на растения с очень медленным и средним темпом начального роста в соотношении 3 : 1. Эти данные указывают на то, что средний темп начального роста сорта *Гелена* является рецессивным признаком и обусловлен действием одного рецессивного гена.

В комбинации скрещивания сорта *Першацвет*, обладающего быстрым темпом начального роста, с дикой формой Опсиантус гибрид первого поколения имеет очень медленный темп начального роста, характерный для второго родителя, а во втором поколении наблюдается расщепление на растения с очень медленным, медленным, средним и быстрым темпом начального роста типа сорта *Першацвет* в соотношении 9 : 3 : 3 : 1. Такой характер поведения указанного гибрида говорит о том, что быстрый темп начального роста сорта *Першацвет* контролируется двумя неаллельными рецессивными генами.

Гибрид от скрещивания сорта *Миртан*, обладающего очень быстрым темпом начального роста с дикой формой Опсиантус, в первом поколении имеет очень медленный темп начального роста. Во втором поколении этого гибрида происходит расщепление на растения с очень медленным, медленным, средним, быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 27 : 9 : 18 : 6 : 4. Эти данные свидетельствуют о том, что очень быстрый темп начального роста сорта *Миртан* контролируется минимум тремя неаллельными рецессивными генами.

Гибрид от скрещивания сорта *Гелена* с дикой формой Льюнолистный, обладающей медленным темпом начального роста, в первом поколении имеет медленный темп начального роста, а во втором поколении наблюдается расщепление на растения с очень медленным, медленным, средним и быстрым темпом начального роста в соотношении 9 : 3 : 3 : 1. Такой характер поведения гибрида первого поколения, а также тип расщепления второго поколения, свидетельствуют о том, что медленный темп начального роста дикой формы Льюнолистного

обусловлен действием одного рецессивного гена, который неаллелен рецессивному гену сорта *Гелена*, контролирующему средний темп начального роста. Очень быстрый темп начального роста части растений второго поколения этого гибрида обусловлен, по-видимому, совместным действием двух неаллельных рецессивных генов.

В комбинации скрещивания сорта *Першацвет* с дикой формой Льюлистной гибрид первого поколения имеет очень медленный темп начального роста, а во втором поколении наблюдается расщепление на растения с очень медленным, медленным, средним, быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 27 : 9 : 18 : 6 : 4. Такой характер поведения гибрида первого поколения, а также тип расщепления второго поколения, говорят о том, что быстрый темп начального роста сорта *Першацвет* обусловлен действием двух неаллельных рецессивных генов, которые неаллельны рецессивному гену дикой формы Льюлистной, контролирующему ее медленный темп начального роста. На это указывает также и факт наличия во втором поколении растений с очень медленным и очень быстрым темпом начального роста.

Гибрид первого поколения от скрещивания сорта *Миртан* с дикой формой Льюлистной имеет медленный темп начального роста, характерный для дикой формы, а во втором поколении этого гибрида происходит расщепление на растения с медленным, быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 9 : 6 : 1. Эти данные указывают на то, что очень быстрый темп начального роста сорта *Миртан* обусловлен действием трех неаллельных рецессивных генов, один из которых аллелен рецессивному гену дикой формой Льюлистной, контролирующему медленный темп начального роста.

Гибрид первого поколения от скрещивания сорта *Першацвет* с сортом *Гелена* имеет средний темп начального роста, характерный для второго родителя, а во втором поколении этого гибрида происходит расщепление на растения с средним и быстрым темпом начального роста в соотношении 3 : 1. Эти данные свидетельствуют о том, что родительские сорта отличаются между собой по одной паре аллелей изучаемого признака. Указанное согласуется с результатами расщепления второго поколения комбинаций скрещивания *Першацвет* х *Опсиантус*, *Гелена* х *Опсиантус*, *Першацвет* х Льюлистной, *Гелена* х Льюлистной.

При скрещивании сорта *Миртан* с сортом *Гелена* гибрид первого поколения имеет средний темп начального роста, характерный для второго родителя, а во втором поколении наблюдается расщепление на растения со средним, быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 9 : 6 : 1. Такое расщепление указывает на то, что родительские сорта отличаются между собой двумя парами аллелей изучаемого признака. Эти данные подтверждают результаты расщепления второго поколения комбинаций скрещивания *Миртан* х *Опсиантус*, *Миртан* х Льюлистной, *Гелена* х *Опсиантус*, *Гелена* х Льюлистной.

В комбинации скрещивания сорта *Миртан* с сортом *Першацвет* гибрид первого поколения имеет быстрый темп начального роста, характерный для второго родителя, а во втором поколении происходит расщепление на растения

с быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 3 : 1. Такой характер поведения данного гибрида говорит о том, что родительские сорта отличаются между собой по одной паре аллелей изучаемого признака. Указанное полностью согласуется с результатами расщепления второго поколения комбинаций скрещивания *Миртан* х *Опсиантус* и *Першацвет* х *Опсиантус*, *Миртан* х *Льнолистный*, *Першацвет* х *Льнолистный*.

Изложенные результаты наших исследований полностью подтвердили сведения литературы [1, 2, 3, 4] о том, что темп начального роста люпина узколистного является сложным признаком, который у истинно диких форм (типа *L. opsianthus* Atab. et Maiss) обусловлен действием диких (нормальных генов), а у разных сортов и образцов контролируется различным сочетанием нормальных и мутантных рецессивных генов, как минимум трех локусов.

Опираясь на изложенное выше, мы составили формулы генотипов изучаемого признака у образцов и сортов, участвующих в гибридологическом анализе.

Так, очень медленный темп начального роста дикой формы *Опсиантус* является истинно диким (нормальным) признаком и контролируется блоком диких генов трех локусов, формула генотипа: $gra1^+gra1^+, gra2^+gra2^+, gra3^+gra3^+$.

Медленный темп начального роста дикой формы *Льнолистный* является мутантным рецессивным признаком и контролируется одним рецессивным геном $gra1$, формула генотипа: $gra1gra1, gra2^+gra2^+, gra3^+gra3^+$.

Средний темп начального роста сорта *Гелена* является рецессивным признаком и контролируется рецессивным геном $gra2$, формула генотипа: $gra1^+gra1^+, gra2gra2, gra3^+gra3^+$.

Быстрый темп начального роста сорта *Першацвет* является рецессивным признаком и контролируется совместно рецессивными генами $gra2$ и $gra3$, формула генотипа: $gra1^+gra1^+, gra2gra2, gra3gra3$.

Очень быстрый темп начального роста сорта *Миртан* также является рецессивным признаком и обусловлен действием трех рецессивных генов $gra1$ и $gra2$ и $gra3$, формула генотипа: $gra1gra1, gra2gra2, gra3gra3$.

Опираясь на изложенные выше собственные результаты гибридологического анализа и, учитывая сведения литературы по генетике темпа начального роста люпина узколистного [2, 4], можно заключить, что в ходе доместикации и селекции этого вида люпина происходило накопление в генотипах мутантных неаллельных рецессивных генов, ускоряющих начальный рост растений. Это обусловлено ориентацией человека на отбор растений с быстрым темпом начального роста, как наиболее приспособленных к агроценозам. Посевы быстрорастущих сортов более полно используют факторы весеннего плодородия почвы (влагу, питательные вещества и др.), раньше затегают поверхность почвы, создавая тем самым большую конкуренцию сорнякам, имеют более короткий вегетационный период, что способствует уборке урожая в более благоприятный период [6].

Указанное выше косвенно подтверждает и тот факт, что из 27 сортов, внесенных в Госреестр сортов Республики Беларусь в период 1993-2012 гг., только сорта с быстрым темпом начального роста (*Данко*, *Першацвет*) и очень быст-

рым темпом (*Миртан*) возделывались в отдельные годы на площадях около 8 тыс. га и использовались 17 лет и более.

Так, сорт *Миртан* возделывается уже на протяжении 22 лет и максимум площадей (20,6 тыс. га) имел в 2006 г., а сорт *Перицацвет* возделывается 22 года, максимум площадей (9,5 тыс. га) занимал в 2006 г. Сорта же со средним (*Гелена* и др.) и медленным (*Метель* и др.) темпом начального роста возделывались в течение 2-9 лет и имели максимум площадей на уровне 0,1-4 тыс. га.

Соответственно, опираясь на изложенное выше, дальнейшую селекцию люпина узколистного мы ориентируем на выведение интенсивных сортов с быстрым и очень быстрым темпом начального роста.

Выводы

1. Темп начального роста люпина узколистного является сложным признаком и контролируется генами как минимум трех локусов.

2. Очень медленный темп начального роста люпина узколистного является истинно диким (нормальным) признаком, а очень быстрый – мутантным рецессивным.

3. В ходе доместикиции и селекции этого вида люпина происходило накопление в генотипах мутантных неаллельных рецессивных генов (*gralgral*, *gra2gra2*, *gra3gra3*), ускоряющих начальный рост растений.

Литература

1. Gladstones, J.S. An historical review of lupins in Australia / J.S. Gladstones // In: Dracup M., Palta J., eds. Proc. of the first Australian Lupin Technical Symposium. Perth, WA, Depart. of Agriculture, 17–21 October, 1994. – P. 1-38

2. Mikolajczyk, J. Genetic studies in *Lupinus angustifolius* / J. Mikolajczyk // III. Inheritance of alkaloid content, seed hardness and length of the Growing in blue lupine // Genet. Pol. 7 (3-4). - 1966. - p. 181- 196

3. Swiecicki, W.K. Domestication and breeding improvement of narrow-leafed lupin (*L. angustifolius* L.) / W.K. Swiecicki // J. Appl. Genet. 36 (2), 1995. - p.155-157

4. Кутцов, Н.С. Люпин - генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н.С. Купцов, И.П. Такунов. – Брянск, Клиницы : КРТ, 2006. – 76 с.

5. Майсурия, Н.А. Люпин / Н.А. Майсурия, А.И. Атабекова. – М. : Колос, 1974. – 464 с.

6. Миронова, Т.П. Фитоценотическая ситуация посевов люпина и методы борьбы с сорной растительностью / Т.П. Миронова // матер. Межд. научн.-практ. конф. «Актуальные проблемы борьбы с сорной растительностью в современном земледелии и пути их решения». БелНИИЗК. – Жодино. – Т. 2, 1999. – С. 71–78.

7. Мельник, В.И. Изменения климата и меры по адаптации сельского хозяйства к этим изменениям в Республике Беларусь / В.И. Мельник // Тр. ФГБУ ВНИИСХМ. – 2013. – Вып. 38. – С. 249-256.

8. Мережко, А.Ф. Система генетического изучения исходного материала для селекции растений (методические указания) / А.Ф. Мережко // Всесоюзный НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова (ВИР). Под редакцией академика ВАСХНИИЛ В.Ф. Дорофеева. – Ленинград, 1984. – 70 с. Типография ВИР, г. Павловск, редакционно-издательский отдел ВИР.

9. Унифицированный классификатор люпина *Lupinus* L. / Ф.И. Привалов [и др.] ; рец.: Э.П. Урбан, Е.Н. Куликович ; Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – [Минск], [2013].

GENETICS OF INITIAL GROWTH RATE OF BLUE LUPINE

A.A. Kozlovsky

The paper presents the results of hybridological analysis of the trait "initial growth rate". Literature and own data on genetics of the indicated trait are summarized. Further directions of breeding of blue lupine intensive varieties are discussed.

УДК 633.367.2:631.527

ЭВОЛЮЦИЯ БИОМОРФОФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ХОДЕ ДОМЕСТИКАЦИИ И СЕЛЕКЦИИ

*A.A. Kozlovskiy, N.S. Kupcov**, канд. биол. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

(Поступила 25.02.2020)

Рецензент: Гриб С.И., академик НАН Беларуси

***Аннотация.** В статье обобщены сведения литературы и собственные результаты по изменению морфофизиологической структуры растения в ходе эволюции, доместикации и селекции люпина узколистного. Представлены закономерности изменения биоморфофизиологии растений в результате вмешательства человека. Обсуждаются направления дальнейшего усовершенствования растений люпина узколистного в ходе селекции интенсивных сортов.*

История доместикации большинства ныне возделываемых растений насчитывает тысячелетия [7, 14]. Процесс окультуривания растений сопровождался бессознательным отбором в условиях новой экологической обстановки первобытного земледелия таких образцов, которые отвечали интересам человека в большей степени, чем их дикие предки. Под непрерывным воздействием человека культурные растения приобрели иную форму и новые биологические свойства. В эпоху развитого земледелия, как экстенсивного, так и интенсивного, способы воздействия на дикие и культурные растения носят уже сознательный характер и связаны с применением методов генетико-селекционной работы.

Познание тех изменений в растениях, которые осуществлены человеком в процессе окультуривания и селекции, представляет большой теоретический и практический интерес как в деле доместикации новых видов растений, так и выяснения направлений дальнейшей селекции культурных растений.

Особенности культурных растений, в том числе и люпина узколистного, отличающие их от диких родичей, большей частью изучены [1, 2, 7, 9, 13, 14]. Однако вопросу изменения биоморфологии растений в ходе доместикации и селекции уделено крайне мало внимания.

Цель настоящей работы и состоит как раз в том, чтобы восполнить этот пробел.

Материал и метод исследования. Объектом изучения являлся люпин узколистный, закономерности изменения его биоморфофизиологических типов в ходе доместикиции диких форм, селекции сидеральных сортов, кормовых экстенсивных и интенсивных сортов. орфофизиологические исследования проводились в соответствии с методическими указаниями [12, 15]

Результаты исследований. Многолетнее изучение коллекционного и селекционного материала люпина узколистного показало, что его внутривидовое разнообразие в настоящее время представлено истинно дикими формами, одичавшими древними культурными образцами, экстенсивными и интенсивными сортами [11, 13]. Поэтому люпин узколистный, как самоопылитель, является наиболее информативным и интересным объектом для изучения изменений растений в ходе доместикиции и селекции.

Общеизвестно, что эволюционный подход к изучаемым явлениям и объектам позволяет лучше понять их и осмыслить. Учитывая это, мы ниже в краткой форме и последовательно приведем описание биоморфофизиологических типов растений эволюционной лестницы люпина узколистного: истинно дикие формы, одичавшие образцы, экстенсивные сидерационные сорта, экстенсивные кормовые сорта, интенсивные кормовые сорта (рисунок 1).

Истинно дикие образцы люпина узколистного (рисунок 1а). Растения этого типа алкалоидные, произрастают в диком виде отдельными популяциями на малоплодородных почвах Иберийского полуострова [2]. Обладают хорошо развитым моноподиальным ветвлением. Симподиальное ветвление развито умеренно. Высота растений 0,5–0,7 метра. Тип листа – ксероморфный. Соцветие простое – рацемозная (моноподиальная) брактеозная кисть, для которой характерно распускание цветков снизу вверх (акропетально) и резкое отличие прицветников от вегетативных листьев. Кисти короткие, плотные. Бобы сильно растрескиваются. Созревание семян неравномерное. Семена твердокаменные, мелкие. Масса 1000 семян 50–70 грамм. Урожайность семян 30–50 г/м², сухого вещества надземной массы – 200–300 г/м². Доля семян в надземной фитомассе 15–17 %. Темп роста в начальные фазы развития очень медленный. Растения обладают ярко выраженной реакцией на яровизацию. Выдерживает заморозки до -15 °С. Вегетационный период – 150 и более суток. Качественные семена можно получить только в теплице после скарификации и яровизации. Типичный представитель истинно дикого люпина узколистного – образец *Опсиантус*.

Одичавшие древние образцы сидерационного использования люпина узколистного (рисунок 1б). Растения этого типа алкалоидные, произрастают в странах Средиземноморья в основном отдельными популяциями по краям полей на плодородных почвах. Они возделывались в древние времена в качестве сидерата и когда-то одичали [2]. Обладают сочетанием хорошо развитого моноподиального и симподиального ветвления. Высота растений 0,7–1,1 метра. Тип листа – ксероморфный. Рацемозно-брактеозные кисти средние, плотные. Бобы сильно растрескиваются. Созревание семян неравномерное. Семена твердокаменные, средние по величине. Масса 1000 семян 80–120 грамм. Урожайность семян 100–200 г/м², сухого вещества надземной массы 600–800 г/м². До-

ля семян в надземной фитомассе 17–25 %. Темп роста в начальные фазы развития медленный или средний. Растения обладают склонностью к яровизации, устойчивостью к заморозкам (до -10 °С). Vegetационный период 150 и более суток. Качественные семена можно получить только в теплице после скарификации и яровизации. Типичный представитель одичавших сидерационных форм – образец *Апендрилон*.

Сидерационные экстенсивные сорта люпина узколистного недалеко прошлого (рисунок 1в). Растения этого типа алкалоидные, в недалеком прошлом возделывались на полях для заправки в качестве зеленого удобрения (сидерата). Обладают сочетанием хорошо развитого моноподиального и симподиального ветвления. Высота растений 0,7–1,1 метра. Тип листа ксероморфный и мезоморфный. Рацемозно-брактеозные кисти средние, плотные. Бобы сильно растрескиваются. Дружность созревания семян средняя. Семена мягкокожурные, средние и крупные по величине. Масса 1000 семян 110–200 грамм. Урожайность семян 200–300 г/м², сухого вещества надземной массы – 800–1000 г/м². Доля семян в надземной фитомассе 25–30 %. Темп роста в начальные фазы развития средний. Растения обладают склонностью к яровизации, устойчивостью к заморозкам (до -10 °С). Vegetационный период 150 и более суток. Типичный представитель экстенсивных сидерационных сортов – *Беняковский 484*.

Кормовые экстенсивные сорта люпина узколистного (рисунок 1г). Растения этого типа сладкие, возделывались на полях на кормовые цели (зеленая масса, семена). Обладают слабо развитым моноподиальным, но хорошо развитым симподиальным ветвлением. Высота растений 0,7–1,1 метра. Тип листа мезоморфный. Рацемозно-брактеозные кисти средние, плотные. Бобы растрескиваются. Дружность созревания семян средняя. Семена мягкокожурные, средние и крупные по величине. Масса 1000 семян 120–220 грамм. Урожайность семян 250–350 г/м², сухого вещества надземной массы – 800–1000 г/м². Доля семян в надземной фитомассе 30–35 %. Темп роста в начальные фазы развития средний. Растения преимущественно склонны к яровизации, устойчивы к заморозкам до -7 °С. Vegetационный период 130 и более суток. Типичный представитель кормовых экстенсивных сортов – *Белорусский 155*.

Псевдодиккий морфофизиологический тип кормовых сортов люпина узколистного (рисунок 1д). Растения этого типа сладкие, возделываются на кормовые цели (зеленая масса, семена). Высота растений 0,8–1,0 метра. Симподиальное ветвление генетически (ген *sbr1*) блокировано пазушными цветками (бобами) на уровне 3–4-го порядков. Тип листа ксероморфный. Рацемозно-брактеозные кисти средние, плотные. Бобы не растрескиваются. Созревание семян дружное. Семена мягкокожурные, средние по величине. Масса 1000 семян от 120 до 160 граммов. Урожайность семян 500–600 г/м², сухого вещества надземной массы – 1200–1400 г/м². Доля семян в надземной фитомассе 40–45 %. Темп роста в начальные фазы развития средний и быстрый. Растения фото-, термонеутральные, устойчивы к заморозкам до -7 °С. Vegetационный период – 100–120 суток. Типичный представитель этого морфофизиологического типа – сорт *Ащадный*.

Щитковидный морфофизиологический тип кормовых сортов люпина узколистного (рисунок 1е). Генеративная сфера этих растений представляет собой соцветие сложный щиток. Сложный щиток – это смешанное соцветие, у которого рост центральной оси (главного стебля) заторможен, а боковые симподиальные ветви 1-го порядка постепенно удлиняются снизу вверх и, достигнув уровня высоты центральной кисти, останавливают свой рост, а с помощью пазушных цветков (ген *sbr1*) и ветвление. В результате чего главная ось этого соцветия представляет собой щиток, а боковые оси являются рацемозно-брактеозные кистями, которые располагаются почти в одной плоскости. Цветочные кисти средние. Подобное сложное соцветие у некоторых крестоцветных именуют щитковидной кистью. У люпина такое сложное соцветие мы именуем щитковидным, а биоморфофизиологический тип – также щитковидной. Высота растений 0,7–0,9 метра. Тип листа ксероморфный. Бобы не растрескиваются. Созревание семян очень дружное. Семена мягкокожурные. Масса 1000 семян от 120 до 160 граммов. Урожайность семян – 500–600 г/м², сухого вещества надземной массы 1000–1200 г/м². Доля семян в надземной фитомассе 45–50 %. Темп роста в начальные фазы развития быстрый. Растения фото-, термонейтральные, устойчивы к заморозкам до -7 °С. Vegetационный период 90–110 суток. Типичным представителем этого морфофизиологического типа у люпина узколистного является сорт *Митан*.

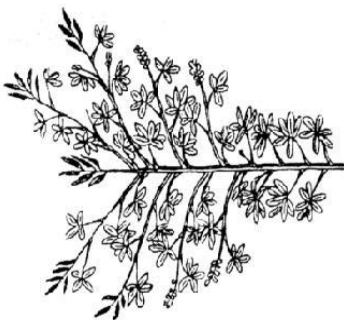
Метельчатый морфофизиологический тип кормовых сортов люпина узколистного (рис. 1ж). Генеративная сфера этих растений представляет собой сложную тройную кисть – метелку. Метелка люпина отличается от двойной кисти, например клевера, многоосностью системы ветвления. У люпина оси третьего порядка имеются обычно лишь в нижней части метелки, оси второго и первого порядков – средней части, а в верхней части остается лишь главная ось с боковыми и конечными цветками простого соцветия (брактеозной кисти). У метелки люпина имеет место постепенное укорочение боковых ветвей (осей) снизу вверх. Междуузлия весьма удлинены и кисти далеко отстоят друг от друга. Метелка люпина, как сложная кисть в результате действия гена *sbr1* имеет отчетливо выраженный фрондозно-брактеозный характер, т.к. на осях первого-третьего нет резких различий прицветников от вегетативных листьев. Следует отметить, что у многих злаков (овес и др.) ось соцветия ветвится, а колоски на ней сидят на ножках, в результате чего возникает сложное соцветие метельчатого характера. У люпина указанное сложное соцветие является истинной метелкой. Биоморфофизиологический тип именуется метельчатой. Высота растений 0,7–0,8 метра. Тип листа – ксероморфный Цветочные кисти – средние. Бобы не растрескиваются. Созревание семян очень дружное. Семена мягкокожурные. Масса 1000 семян от 140 до 180 граммов. Урожайность семян 550–650 г/м², сухого вещества надземной массы – 1000–1200 г/м². Доля семян в надземной фитомассе – 50–55%. Темп роста в начальные фазы развития быстрый. Растения фото-, термонейтральные, устойчивы к заморозкам до -7 °С. Vegetационный период 90–100 суток. Типичный представитель данного морфофизиологического типа сорт *Метель*.



Г)



Б)



В)



а)

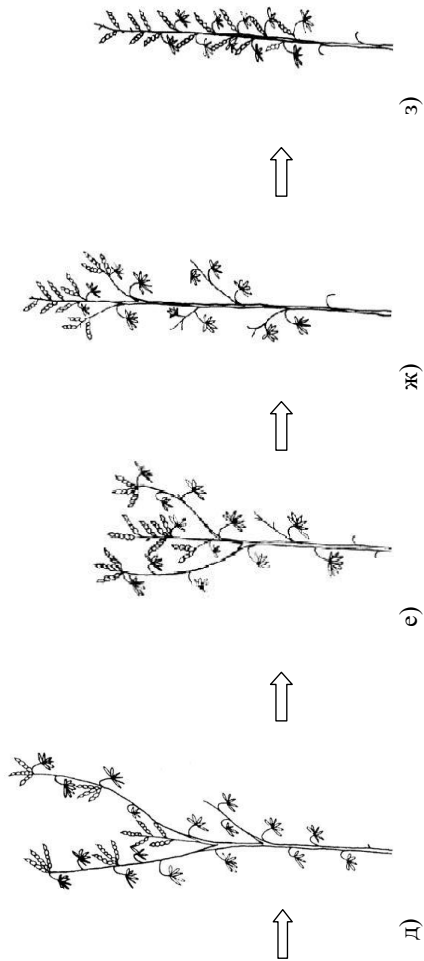


Рисунок 1 – Схема изменения биоморф люпина узколистного в ходе доместикации и селекции:

а) истинно дикая форма; б) одичавший сидеральный тип; в) экстенсивный сидеральный сорт; г) экстенсивный кормовой сорт; д) псевдодикий кормовой сорт; е) щитковидный кормовой сорт; ж) метельчатый кормовой сорт; з) колосовидный кормовой сорт

Колосовидный морфофизиологический тип кормовых сортов люпина узколистного (рисунок 1з). Генеративная сфера этих растений представляет собой сложную колосовидную кисть, у которой на удлиненной оси (стебле) на ножках вместо колосков располагаются цветки. Нижняя часть соцветия (зона 3-9 пазушных цветков) является цимозной (симподиальной) фрондозной кистью, так как ее цветки, в результате действия гена *sbr2*, распускаются сверху вниз (базипетально), а прицветники не отличаются от вегетативных листьев. Верхняя часть является типичной рацемозной (моноподиальной) брактеозной кистью, у которой цветки распускаются снизу вверх (акропетальное), а прицветники резко отличаются от вегетативных листьев.

Следует подчеркнуть, что по определению классической ботаники [12] простой колос является сходным типом частной кисти и отличается от нее только недоразвитостью цветоножек, а сложный колос по структуре близок к кисти, так как на его удлиненной оси простые колоски располагаются на ножках (боковых осях). Опираясь на данную схожесть частной кисти, простого и сложного колоса мы именуем указанное выше сложное соцветие люпина колосовидным, а соответствующий биоморфофизиологический тип – также колосовидный. Термины «колосовидное соцветие», «колосовидный биоморфофизиологический тип» общепонятны и более удобны в использовании. Принадлежность к этому соцветию легко и быстро определяется габитуально. Высота растений 0,7–0,8 м. Тип листа ксероморфный. Цветочные части (брактеозная и фрондозная) сложной кисти средние. Бобы не растрескиваются. Созревание семян очень дружное. Семена мягкокожурные. Масса 1000 семян от 130 до 170 граммов. Урожайность семян 550–650 г/м², сухого вещества надземной массы – 1000–1200 г/м². Доля семян в надземной фитомассе 50–55 %. Темп роста в начальные фазы развития быстрый. Растения фото-, термонеутральные, устойчивы к заморозкам до -7 °С. Вегетационный период 85-90 суток. Типичный представитель данного типа сорт *Першацвет*.

Из изложенного выше видно (рисунок 1), что в ходе domestikации и селекции люпина произошла замена биоморфофизиологического типа с развитым моноподиальным и симподиальным ветвлением, характерных для диких форм, одичавших образцов и экстенсивных сортов, на таковые с редуцированным в разной степени ветвлением интенсивных сортов.

Как видно из таблицы 1, урожайность семян лучших образцов достигает 50 и более центнеров с гектара. Следует отметить, что Государственное сортоиспытание Республики Беларусь подтвердило высокие показатели урожайности семян сортов люпина узколистного, созданных в соответствии с разработанными моделями [10].

Так, у колосовидного биоморфофизиологического типа интенсивных сортов 3–9 симподиальных ветвей трансформированы в пазушные цветки (бобы), т.е. редукция ветвей выражена максимально. В результате этого сократился вегетационный период (на 30 и более суток), существенно уменьшилась доля вегетативной сферы в массе растения, а генеративной увеличилась ($K_{хоз}$ = 50–55 %). При этом габитус растений стал компактным. Произошла оптимизация архитектоники растений, повысившая их толерантность к условиям плотного

Таблица 1 – Наибольшая урожайность сортов кормового люпина узколистного в Государственном сортоиспытании Республики Беларусь

Сорт	Максимальная урожайность, ц/га	Год испытания	Сортоиспытательная станция
Дикий тип			
Данко	45,6	1995	Волковыский ГСУ
Миртан	58,0	2004	Каменецкий ГСУ
Хвалько	49,1	2000	Вилейская СС
Псевдодикий тип			
Ашадны	52,5	1996	Несвижская ГСС
Владлен	45,5	2002	Молодеченская СС
Эдельвейс	52,9	2004	Мозырьская СС
Вясковы	49,6	2007	Вилейская СС
Михал	62,1	2004	Мозырьская СС
Квазидикий тип			
Добрыня	63,2	2007	Вилейская СС
Щитковидный тип			
Митан	49,6	1996	Несвижская ГСС
Глатко	37,2	1998	Брестская ГСС
Метельчатый тип			
Метель	52,3	1996	Вилейская ГСС
Прывабны	63,9	2004	Мозырьская СС
Колосовидный тип			
Гелена	52,7	1996	Волковыский ГСУ
Першацвет	60,5	2009	Октябрьская СС
Пралеска	41,4	1997	Климовичский ГСУ
Дзіуны	55,3	2005	Мозырьская СС
Ян	52,0	2007	Молодеченская СС
Липень	54,1	2007	Вилейская СС
Жодински	62,9	2007	Вилейская СС
Ранни	56,9	2009	Октябрьская СС
Василек	49,1	2009	Климовичский ГСУ

фитоценоза (120–160 растений на 1 м²). Уплотнение агроценозов – отличительная черта современного сельскохозяйственного производства [4, 8]. Ценоэкологические условия плотного фитоценоза действуют одновременно в том же направлении, что и таковые аридные, засуха, затенение. Наиболее полно соответствует этим условиям колосовидный биоморфофизиологический тип [5, 11, 13].

Кроме того, у колосовидного типа каждый боб фрондозной части сложно соцветия обладает собственным листом, что положительно сказывается на обеспечении их семян ассимилятами. В результате этого масса 1000 семян фрондозной части на 10–15 % больше таковой брактеозной части.

В конечном итоге, прогрессивная архитектура колосовидного типа, повышающая распределение света по глубине ценоза, обеспечивает высокую производительность растений в условиях плотного ценоза и, соответственно,

высокую урожайность семян (5–6 т/га) при коротком вегетационном периоде (85–95 суток).

Таким образом, в ходе доместикации и селекции люпина узколистного произошло существенное уменьшение доли вегетативной сферы в массе растений и увеличение таковой генеративной, что наиболее выражено в колосовидном биоморфофизиологическом типе ($K_{хоз} = 50\text{--}55\%$).

В литературе также имеются сведения о редукации вегетативной и увеличении генеративной сферы растений колосовых злаков (пшеница, ячмень) в ходе селекции интенсивных сортов [4, 8, 15]. Это направление изменений эволюции жизненных форм высших растений в ходе селекции интенсивных сортов полностью совпадает с таковым эволюции люпина узколистного и колосовых злаков.

Жизненная форма (синоним – биоморфа) – это внешний облик растения, складывающийся в его онтогенезе и детерминированный филогенетически. В биоморфе находят свое отражение все приспособительные свойства, экология и образ жизни растения [9, 18, 19]. Так, например, в ходе эволюции плауновидных (рисунок 2) мезомные части главных ветвей усиливались, а боковые теломные веточки редуцировались, в результате чего возникла характерная для них колосовидная биоморфа с расположением спорангиев в пазухах филлоидов стебля. Колосовидная биоморфа плауновидных, как вершина их эволюции, обеспечивает более надежную поставку пластических веществ к спорангиям, а также их защищенность от факторов внешней среды [17].

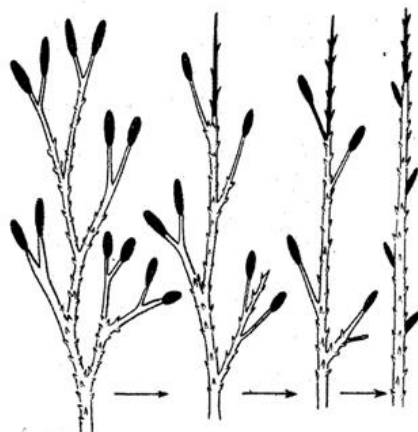


Рисунок 2 – Схема происхождения колоса плаунообразных [Тахтаджян, 1954]

В ходе же эволюции жизненных форм покрытосеменных (дерево→кустарник→многолетняя трава→однолетняя трава) также происходила редукация вегетативной части тела и возрастание экспрессии репродуктивных органов (рисунок 3). Вершина эволюции покрытосеменных – однолетние колосовидные злаки [3, 6, 19]. Последние обеспечивают более высокую ежегодную

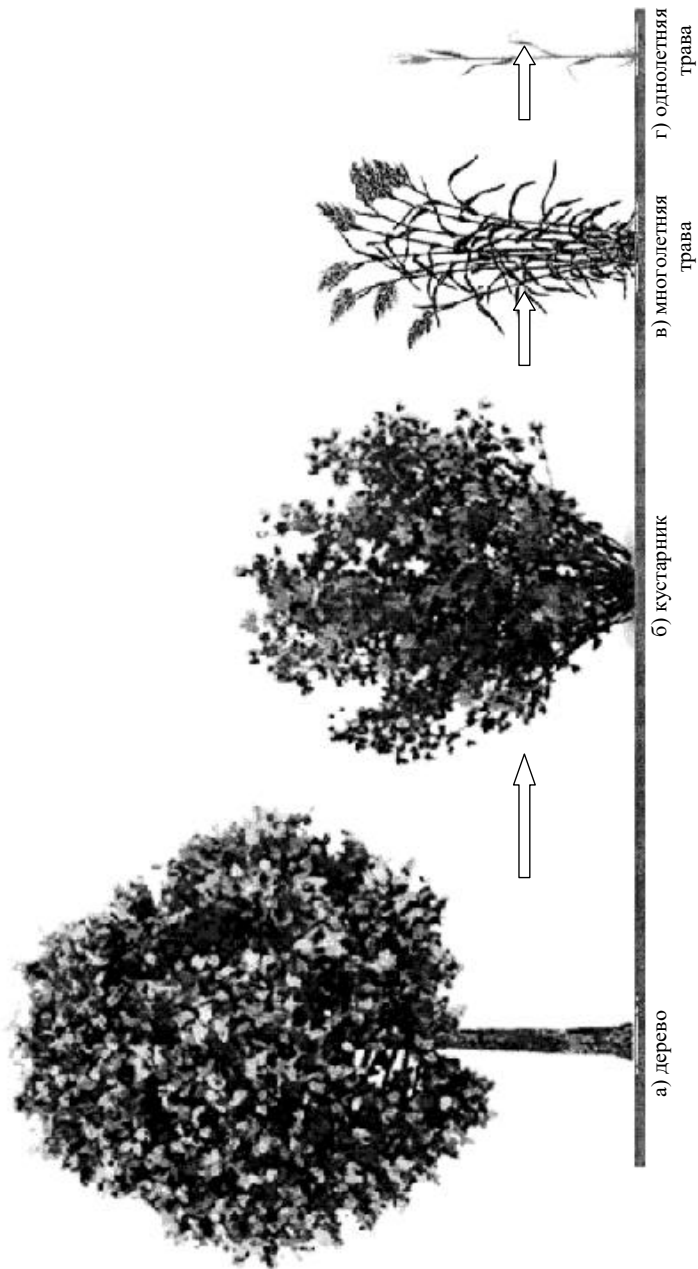


Рисунок 3 – Схема направления эволюции жизненных форм покрытосеменных [17]

продукцию на единицу биомассы или площади, т.е. в ходе эволюции растений повышается экономичность их работы.

Эволюция биоморф – это основное содержание фитоэволюции. Каждый таксон растений характеризуется своеобразной биоморфой, т.е. имеет свое выраженное биоморфологическое лицо [18].

Как видно из изложенного выше, в ходе эволюции растений, domestikации и селекции имеет место однонаправленность изменений жизненной формы в сторону редукции вегетативной части и возрастание доли генеративной сферы. Указанные изменения обеспечивают более высокую ежегодную продукцию на единицу биомассы или площади. Основным фактором эволюции жизненных форм растений явилась аридизация климата [6, 16, 18] и условия плотных фитоценозов, которые сходны с аридными [11, 13].

Опираясь на закономерность однонаправленности изменений растений в ходе эволюции и селекции, а также учитывая тот факт, что биоморфофизиологический колосовидный тип растений является вершиной эволюции, мы ориентируем дальнейшую селекцию видов люпина (узколистного, желтого, белого, тарви) на целенаправленное создание энергетически эффективных, природу щадящих колосовидных сортов, обеспечивающих экономически выгодный урожай с минимумом затрат энергоресурсов на производство единицы чистой качественной продукции.

В настоящее время с целью одновременного повышения потенциала урожайности семян колосовидных сортов люпина узколистного до 6–7 т/га и их адаптивности, как средства реализации продуктивности при сохранении качества продукции на уровне вида или его улучшения, нами ведутся исследования по дальнейшему усовершенствованию его биоморфы в следующих направлениях:

- увеличение доли цветков цимозной фрондозной части сложного колосовидного соцветия с 3–7 штук до 9–12 штук;
- уменьшение доли цветков рацемозной брактеозной части с 30–42 штук до 12–18 штук;
- перевод генотипов колосовидных сортов на аллельную основу ксероморфных листьев люпина льнолистного и опсиантуса;
- увеличение количества семян в бобе с 5–6 штук до 7–8 штук;
- увеличение аттрагирующей способности бобов и семян.

Кроме того, нами ведутся работы по экспериментальному синтезу с помощью блока генов фасциации (*sfol1*) и редукции симподиального ветвления (*sbr2*) головковидного и початковидного соцветий, а, соответственно, принципиально новых биоморф (головковидной и початковидной).

Выводы

1. Характерный признак биоморфофизиологических типов интенсивных сортов люпина узколистного – генетически редуцированное в разной степени симподиальное ветвление.

2. В ходе селекции интенсивных сортов люпина и колосовых злаков у растений уменьшалась доля вегетативной и увеличивалась таковая генеративной сферы.

3. В ходе фитоэволюции и селекции интенсивных сортов имеет место односторонность изменений жизненных форм в сторону редукции вегетативной и увеличения генеративной сферы.

4. Современная селекция люпина ориентирована на выведение колосовидных сортов с потенциальной урожайностью семян 6–7 т/га.

5. Дальнейшее усовершенствование колосовидного морфобиологического типа осуществляется путем увеличения фрондозной части и уменьшения брактеозной части сложного соцветия, увеличение количества семян в бобе до 7–8 штук, повышение интенсивности фотосинтеза листьев и атрагирующей способности бобов, семян, которые характеризуются более высокой интенсивностью фотосинтеза и оптимальным водным режимом [11, 13].

Литература

1. 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.

2. Kurlovich, B.S. Lupins. Geography, Classification, Genetic Researches and Breeding // B.S. Kurlovich (eds.) *St. Petersburg, Publishing house “intan”*. – 2002. – 468 p.

3. Алеев, Ю.Г. Экоморфология / Ю.Г. Алеев – Киев: Наук. думка, 1986. – 424 с.

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. 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.

6. Гроссгейм, А.А. Теория ксероморфогенеза и некоторые вопросы истории флоры / А. А. Гроссгейм // *Проблемы ботаники*. – М. изд-во АН СССР 1950. – Вып. 1 – С. 163–183.

7. Жуковский, П.М. Культурные растения и их сородичи / П. М. Жуковский – Л. : Колос. – 1971, – 750 с.

8. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): в 2 т. / А.А. Жученко. – М. : РУДН, 2001. – Т. 1. – 780 с.

9. Засимович, В.П. Жизненные формы, полиплоидия и эволюция видов семейств центросеменных // *Цитология и генетика*. – Киев : Наукова думка, 1965. – С. 5–38.

10. Козловский, А.А. Новые модели сортов кормового люпина узколистного / А. А. Козловский, В. В. Гринь, Н. С. Купцов // *сборник научных трудов / Минск, 2017. – Вып. 53.*

11. Козловский, А.А. Закономерности изменения морфобиологической структуры растения люпина узколистного в ходе доместикации и селекции / А. А. Козловский, А. Н. Бугрова, 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.*

12. Кузнецова, Т.В. Соцветие: морфология, эволюция, таксономическое значение (применение комплементарных подходов) / Т.В. Кузнецова, А.К. Тимонин. – М.: Товарищество научных изданий, КМК, 2017. – 183 с.

13. Купцов, Н. С. Люпин - генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н.С. Купцов, И.П. Такунов. – Брянск, Клиницы : КРТ, 2006. – 576 с.

14. *Майсурян, Н.А.* Люпин / Н.А. Майсурян, А.И. Атабекова. – М. : Колос, 1974. — 463 с.
15. Морфофизиологические показатели продуктивности и устойчивости зерновых культур / под ред. В. С. Шевелухи. – Мн. : Ураджай, 1980.—144 с.
16. *Попов, М.Г.* Основы флорогенетики / М.Г. Попов – Москва: АН СССР. – 1963. – 135 с.
17. *Тахтаджян, А.Л.* Вопросы эволюционной морфологии растений / А.Л. Тахтаджян. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1954. – 214 с.
18. *Хохряков, А. П.* Эволюция биоморф растений / А. П. Хохряков. – М. : Наука, 1981. – 106 с.
19. *Яблоков, А.В.* Эволюционное учение / А.В. Яблоков, А.Г. Юсуфов – М.: Высшая школа, 1976. – 335 с.

EVOLUTION OF BIO-MORPHO-PHYSIOLOGY OF BLUE LUPINE PLANTS IN THE COURSE OF DOMESTICATION AND BREEDING

A.A. Kozlovsky, N.S. Kuptsov

The paper summarizes literature data and own results on the change of morpho-physiological structure of a plant in the process of evolution, domestication and breeding of blue lupine. The regularities of changes of a plant bio-morpho-physiology caused by human encroachment are presented. The directions of further enhancement of blue lupine plants in the process of intensive varieties breeding are discussed.

УДК 633.367.2:631.526.32

СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.) НА ПРИСУТСТВИЕ ГЕНОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

Н.В. Анисимова*, канд. биол. наук, **Е.Н. Сысолятин***, мл. науч. сотрудник, **М.Н. Крицкий, В.Ч. Шор**, кандидаты с.-х. наук, **В.В. Гринь**, вед. науч. сотрудник, **А.А. Козловский**, науч. сотрудник, **А.В. Кильчевский***, академик

*Институт генетики и цитологии НАН Беларуси

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 23.03.2020)

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

Аннотация. В результате проведенных исследований отработана методика маркер-сопутствующей селекции люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) по признакам: устойчивость к антракнозу, растрескиваемость бобов, содержание алкалоидов, склонность к яровизации, влагопроницаемость оболочки семян. Выявлены образцы, обладающие хозяйственно-полезными признаками и представляющие интерес для селекции на территории Республики Беларусь. Анализ результатов ДНК-типирования показал, что у всех образцов исследуемой коллекции выявлены культурные аллели следующих генов: *iscundus* (пониженное содержание алкалоидов), *Ki* (термонейтраль-

ность), *mollis* (влагопроницаемость оболочки семян), *lentus* (нерастрескиваемость бобов). По гену нерастрескиваемости бобов *tardus* в исследуемой коллекции выявлен полиморфизм. Около 20% образцов несут дикий аллель, детерминирующий нежелательный признак самопроизвольного растрескивания боба в процессе созревания. Генотипирование по генам устойчивости к антракнозу позволило определить образцы, несущие аллели устойчивости.

Введение. В решении проблемы нехватки растительного белкового сырья одним из важных аспектов является возделывание высокобелковых бобовых культур, таких как люпин узколистый (*Lupinus angustifolius L.*).

Применение в сельскохозяйственном производстве посевов люпина способствует сохранению естественного плодородия почвы и его расширенному воспроизводству, а также является основным звеном в системе экологического земледелия. Особая ценность люпина заключается в высоком содержании белка как в семенах, так и зеленой массе. Содержание белка в зернах колеблется от 30 до 34 % и более. Зеленая масса содержит от 18 до 23 % белка в переводе на сухое вещество. Возделывание люпина в сельскохозяйственных предприятиях республики определяется необходимостью балансирования по белку концентрированных кормов, что в конечном итоге позволяет сократить импорт дорогостоящего высокобелкового сырья.

В Беларуси при реализации принципов адаптивного земледелия люпин в структуре посевных площадей должен занимать 2–3% (при общей доле зернобобовых культур 6–8%) или 5,6–6,2% от площади зерновых. На основании расчетов, проведенных в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», оптимальные посевные площади люпина в Республике Беларусь должны составить 100 тыс. га при общей потребности в зернобобовых культурах 350 тыс. га [1, 2].

Создание технологичных и устойчивых к заболеваниям сортов люпина является одной из наиболее актуальных проблем современной селекции. Вовлечение в селекционный процесс молекулярно-генетических методов и разработок позволяет ускорить решение данных задач, снижает трудоемкость и финансовые затраты на создание сортов.

Успех селекционной работы в существенной мере определяется выбором исходного материала [3]. Помимо фенотипической характеристики признаков эффективно выявлению перспективных родительских форм способствует анализ непосредственно генотипа с помощью ДНК-маркеров. Использование современных методов маркер-сопутствующей селекции в оценке коллекционного материала и селекционных форм дает возможность выявлять источники ценных признаков, на ранних этапах исключать образцы с нежелательными аллелями, что существенно ускоряет селекционный процесс и повышает его результативность.

Выявлен ряд генов, отвечающих за формирование хозяйственно значимых признаков люпина и устойчивость к некоторым болезням. Так, известны гены низкой алкалоидности (*iucundus*), влагопроницаемости оболочки семян (*mollis*), термонеутральности (*Ku*), гены нерастрескиваемости бобов (*tardus*, *lentus*) [5–

9]. Устойчивость к антракнозу у узколистного люпина детерминирована геном *Lanr1* [4] или, у некоторых сортов, *R* [10]. Для этих экономически важных генов разработаны тесно с ними сцепленные ДНК-маркеры, которые дают возможность проводить отбор интересующих генотипов и использовать их в селекционной работе [5–9].

Целью работы был скрининг исходного материала люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) с применением ДНК-маркеров к основным генам хозяйственно-ценных признаков и устойчивости к антракнозу и выявление перспективных образцов, несущих целевые аллели.

Материалы и методика исследований. Полевые исследования проводились в 2015–2019 гг. в селекционном севообороте РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва опытного участка дерново-подзолистая, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м мореным суглинком, связно-супесчаная. Характеризуется следующими агрохимическими показателями: рН_{KCl} – 6,2–6,4; содержание гумуса – 2,11–2,46%; P₂O₅ – 200–260 мг/кг почвы; K₂O – 220–270 мг/кг почвы.

Закладка полевых экспериментов проводилась по общепринятым методикам. В опытах изучали сорта и образцы люпина узколистного различного эколого-географического происхождения. Предшественник – озимые зерновые. В качестве контроля высевали сорта *Першацвет*, *Талант*, *Миртан*. Площадь делянки – 1–10 м². Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное.

Агротехнические мероприятия проводили согласно технологическому регламенту. Фосфорно-калийные удобрения вносили общим фоном в основную заправку из расчета P₆₀K₉₀.

Молекулярно-генетические исследования проводили в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси с использованием соответствующих методик [5–9].

Результаты исследований и обсуждение. Селекционная работа по созданию сортов люпина узколистного ведется по трем направлениям в зависимости от планируемого использования: зерновому, зеленоукусному и универсальному. За годы проводимых селекционных исследований сформирована многочисленная коллекция сортов, сортообразцов и гибридных форм этой культуры. Для проведения молекулярно-генетических исследований отобраны перспективные образцы исследуемой коллекции люпина узколистного (*L. angustifolius* L.).

С использованием методов молекулярно-генетического анализа проведено ДНК-типирование образцов люпина узколистного по ключевым генам хозяйственно-ценных признаков: гены неастрескиваемости бобов *lentus* (маркеры LeM1, LeM2), *tardus* (маркер TaLi), ген низкой алкалоидности *iucundus* (маркер IucLi), ген восприимчивости к яровизирующим температурам *Ku* (маркер KuHM1), ген проницаемости оболочки семян *mollis* (маркер MoLi), гены устойчивости к антракнозу *Lanr1*, *R* (маркеры DCAnS, AnMan соответственно) (рисунок 1).

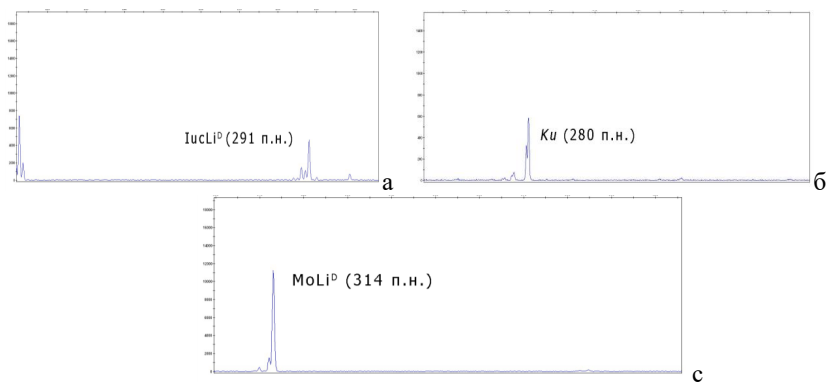


Рисунок 1 – Выявленные фрагменты маркеров: а – IucLi^D (291 п.н.), соответствующий аллелю пониженного содержания алкалоидов; б – KuHM1^D (280 п.н.), соответствующий аллелю нетребовательности к яровизации; с – MoLi^D (314 п.н.), соответствующий аллелю мягкокожурности

При использовании на пищевые цели алкалоидность сортов люпина не должна превышать 0,02–0,04 %. Сорта с содержанием алкалоидов ниже 0,1 % считаются малоалкалоидными, от 0,1 до 0,3 % считаются кормовыми. Образцы с более высоким содержанием алкалоидов являются горькими и используются только для сидерации. В настоящее время выведены сорта с содержанием алкалоидов меньше 0,01 %. Главным геном, определяющим содержание алкалоидов у люпина узколистного, считается *iucundus*. Для этого гена разработан молекулярный маркер IucLi, расположенный на расстоянии 0,9 сМ, применение которого значительно облегчает процесс селекции малоалкалоидных сортов [8].

Анализ аллельного состояния гена *iucundus* с использованием маркера IucLi показал, что все исследованные коллекционные образцы несут культурные аллели пониженного содержания алкалоидов IucLi^d (291 п.н.) (рисунок 1 а). Поскольку признак алкалоидности у люпина является полигенным, а IucLi – единственный разработанный на сегодняшний день ДНК-маркер к гену *iucundus*, селекцию на пониженное содержание алкалоидов необходимо осуществлять при строгом контроле фенотипа из-за возможного восстановления алкалоидности в результате возможной рекомбинации или неаллельного взаимодействия генов, возникающего как последствие перекрестного опыления.

Маркерный анализ коллекции по признаку «зависимость от яровизации» проводили с использованием маркера KuHM1 к гену *Ku* (рисунок 1 б). Результаты ДНК-типирования показали, что все исследованные генотипы несут доминантный культурный аллель термонейтральности *Ku*, что свидетельствует об отсутствии потребности в яровизации.

Ген *mollis* контролирует влагопроницаемость оболочки семян у люпина узколистного, к нему разработан тесно сцепленный ДНК-маркер. При ДНК-типировании коллекции образцов с применением маркера MoLi установлено,

что все образцы в коллекции несут культурный аллель, детерминирующий формирование влагопроницаемой оболочки семян MoLi^d (314 п.н.) (рисунок 1 с).

Список использованных для молекулярно-генетического анализа праймеров с указанием их нуклеотидных последовательностей приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Список используемых в работе маркеров к генам хозяйственно-ценных признаков

Признак (ген)	Название олигонуклеотида	Последовательность олигонуклеотида, 5' → 3'
1	2	3
Устойчивость к антракнозу (<i>R</i>)	AnManM1F	TTGAGCTTGGTATATAAACG
	AnManM1R	TCGAGCAATAAATGATATG
Устойчивость к антракнозу (<i>Lanr1</i>)	AnSeq3F	GAATTCAGAGACAGGACTC
	DCAnSeq3w-r	ATCTAGAATTTCTTTGATTTCATTGCTATTTTC
	AnS4TaqI-f	AATCTGTCTTCTGAACAAGAAATGGTGC
	AnSeq4R	CTCCTGGCTGAGCTTTG
Растрескиваемость бобов (<i>lentus</i>)	LeMS1	TTAACGAACCTACCATTG
	MF51	GGGAACAACAACAAC
	LeMS2	GAAAAAGATGAATGCACG
	MF42	GTCTAACAACAACAACAAC
Продолжение таблицы 1		
1	2	3
Растрескиваемость бобов (<i>tardus</i>)	TaLiF	ATCCTACTAAATCCTGGTACAG
	TaLiR	GATCTGAAAAGGAATATGAAG
Алкалоидность (<i>iucundus</i>)	LucLiF	CCAGGATAAATTAGTTGTGTC
	LucLiR	TCTTAGATGTATGATGAGTATGG
Отношение к яровизации (<i>Ku</i>)	KuHSR1	CAAAAAACAATAATAACGACAAC
	KuHMS1	AGACATACCTTGTATGCGG
Проницаемость оболочки семян (<i>mollis</i>)	MoLiF	TTAAAGCTCCTCCGGGAG
	MoLiR	CTTATACTATTAGACTAACGCC

Проведена молекулярно-генетическая оценка исследуемых образцов люпина узколистного с применением маркеров к генам, определяющим устойчивость к антракнозу: *R* сорта Mandelup (маркер AnManM1) и *Lanr1* (маркеры DCAnS3 и DCAnS4). Результаты генотипирования коллекционных и селекционных образцов люпина узколистного по генам устойчивости к антракнозу представлены в таблице 2.

Маркер AnManM1 в случае наличия аллеля устойчивости при амплификации образует фрагмент длиной 228 п.н., тогда как аллели восприимчивости приводят к образованию фрагментов длиной 212 и 214 п.н. Также обнаружен аллель, характерный для сорта *Миртан*, длиной 226 п.н., который на 2 нуклеотида короче аллеля устойчивости сорта *Mandelup* (228 п.н.).

Таблица 2 – Аллельное состояние генов устойчивости к антракнозу у образцов люпина узколистного

Образец	Устойчивость к антракнозу		
	ген <i>R</i> (сорта Mandelup)	ген <i>Lanr1</i>	
	маркер AnMan M1	маркер DCAnS3	маркер DCAnS4
Миртан	226	R	s
КП-15 д.7 (Д х М) КСИ-2	214/ 226	R/s	s
КП-15 д.7 (Д х М) КСИ-3	214	s	s
КСИ-5 Гбр.66 (М х Т)	212/ 226	R	R/s
КСИ-6 (ТМ)	212	R	R/s
КСИ-9 (К-37)	226	R	s
КСИ-11 (Талант)	212	R	R
Коллекция д.17	214	s	s
Коллекция д.16	214	s	s
КП д.5 (Гбр. 232)	212	R	R
КП д.7 (Гбр. 232)	214	R	s
КП д.9 (КП-14 д.34)	214	s	s
КП д.12 (Гбр. 230)	214	R/s	s
КП д.22 (Гбр. 125)	214	R	s
КП д.47 (Гбр. 229)	214	R/s	s
КП д.87 (З. укосн.)	214	s	s
СП 2 д.17	214	s	s
Из 3	212	R	s
Из 4	212	R	R
Из 5	212	R	R

Примечание: **AnManM1** : фрагмент **226 п.н.** – аналог гена устойчивости к антракнозу сорта Mandelup; фрагменты 212, 214 п.н. – восприимчивость к антракнозу; **DCAnS3, DCAnS4**: **R** – устойчивость к антракнозу; s – восприимчивость к антракнозу

Результаты генотипирования исследуемой коллекции по гену *R* показали, что основная часть образцов (90%) несут аллели восприимчивости к антракнозу (212 и 214 п.н.) по этому гену. Образцы *Миртан st* и КСИ-9 (К-37) демонстрируют наличие аллеля, характерного для сорта *Миртан* длиной 226 п.н. Аналогичный фрагмент наблюдался наряду с фрагментами восприимчивости (212, 214 п.н.) в образцах КСИ-5 Гбр.66 (М х Т) и КП-15 д.7 (Д х М) КСИ-2, которые гетерозиготны по гену *R*.

Генотипирование исследованных образцов с использованием маркера DCAnS4 к гену устойчивости к антракнозу *Lanr1* выявило 6 форм (30%), несущих аллель устойчивости указанного гена. Для этих же образцов показано наличие гена устойчивости по данным маркирования с применением маркера DCAnS3. Оба используемых маркера тесно сцеплены с геном устойчивости *Lanr1* и располагаются на хромосоме по обе стороны от него на расстоянии 0,9 сМ. Присутствие обоих фрагментов является надежной гарантией наличия в геноме образца гена устойчивости *Lanr1*.

В нашей коллекции выявлено несколько образцов, демонстрирующих наличие лишь одного маркерного фрагмента, идентифицируемого с помощью

маркера DCAnS3 – это сорт *Миртан* и несколько других форм (40 % образцов). Наличие лишь одного маркерного фрагмента может являться следствием возможной рекомбинации. В зависимости от расположения сайта рекомбинации присутствие на электрофоретическом спектре указанного фрагмента можно рассматривать как положительный результат (наличие аллеля устойчивости), так и как «ложноположительный» (отсутствие аллеля устойчивости). Кроме того, причиной подобного несовпадения в результатах маркерного анализа, проводимого с использованием двух маркеров к одному и тому же гену, может быть предполагаемое наличие у генотипа других неаллельных генов устойчивости к атракнозу.

Образцы КСИ-5 Гбр.66 (М x Т) и КСИ-6 (ТМ) КП-15 д.7 (Д x М) КСИ-2, КП д.12 (Гбр. 230), КП д.47 (Гбр. 229) гетерозиготны по гену *Lanr1* по результатам генотипирования с применением маркеров DCAnS3 и DCAnS4, т.к. демонстрируют присутствие в геноме обоих аллелей – устойчивости (**R**) и восприимчивости (**s**).

Признак нерастрескиваемости бобов контролируется двумя известными комплементарными генами *tardus* и *lentus*, рецессивные аллели которых снижают самопроизвольное растрескивание бобов при созревании.

Анализ гена нерастрескиваемости бобов *lentus* с помощью маркеров LeM1 и LeM2 показал наличие культурных аллелей нерастрескиваемости LeM1^d (126 п.н.) и LeM2^d (204 п.н.) у всех проанализированных образцов (рисунок 2).

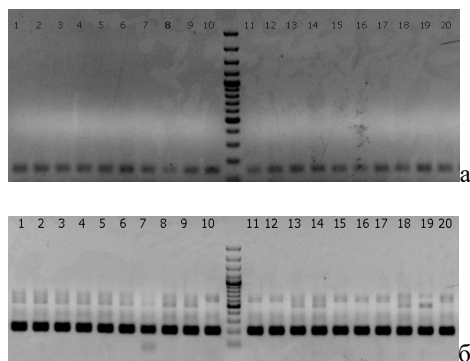


Рисунок 2 – Результаты генотипирования образцов *L. angustifolius* по гену *lentus*: маркеры LeM1 (2а), LeM2 (2б)

Поскольку маркеры LeM1 и LeM2 являются доминантными, они дают фрагмент даже при наличии одной копии культурного аллеля гена *lentus*. При этом вторая копия указанного гена может быть в диком аллельном состоянии и не выявляться при маркировании. Дикый доминантный аллель *Le* надежно обнаруживается лишь в гомозиготном состоянии, о чем свидетельствует отсутствие диагностического фрагмента маркера на электрофоретическом спектре. Таким образом, при использовании указанных маркеров необходим дальнейший

маркерный и фенотипический контроль признака в последующих поколениях для отслеживания и выбраковки возможных носителей дикого аллеля этого гена.

Результат маркерного анализа с помощью маркера TaLi к гену *tardus* показал, что у около 80% исследованных образцов выявлен аллель нерастрескиваемости бобов гена *tardus* TaLi^d размером 511 п.н. (рисунок 3). В случае присутствия дикого аллеля TaLi^w образуется в результате амплификации образуется более короткий фрагмент длиной 309 п.н. [7].

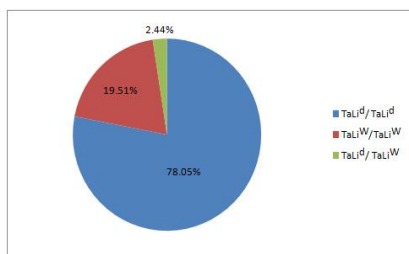


Рисунок 3 – Частота встречаемости аллелей гена нерастрескиваемости бобов *tardus* в исследуемой коллекции люпина узколистного

С использованием инструментов маркер-ассоциированной селекции для продолжения селекционного процесса будут предпочтительно отбираться генотипы, несущие культурный аллель нерастрескиваемости бобов *ta*, что позволит в дальнейшем исключить нежелательный признак «самопроизвольное растрескивание бобов», свойственный диким формам люпина.

Заключение

Проведен скрининг коллекционных и селекционных образцов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) с помощью ДНК-типирования с использованием специфических ДНК-маркеров, связанных с генами, контролирующими фенотипическое проявление ключевых хозяйственно-ценных признаков.

Анализ результатов генотипирования показал, что в исследуемой коллекции у всех образцов, включенных в состав коллекции, выявлены культурные аллели по следующим генам: *iucundus* (пониженное содержание алкалоидов), *Ku* (отсутствие потребности в яровизации), *mollis* (влагопроницаемость оболочки семян), *lentus* (нерастрескиваемость бобов).

По гену нерастрескиваемости бобов *tardus* в исследуемой коллекции выявлен полиморфизм. Около 20% образцов несут дикий аллель, детерминирующий нежелательный признак самопроизвольное растрескивание боба в процессе созревания.

ДНК-типирование образцов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) с использованием ДНК-маркеров, связанных с генами, контролирующими устойчивость к антракнозу *R* (сорта Mandelup) и *Lanr1*, показало неоднородность исследуемой коллекции. Генотипирование по *R*-гену устойчивости выявило 4

образца, несущие фрагмент размером 226 п.н., близкий по размеру к устойчивому. Остальные образцы исследуемой коллекции демонстрируют наличие восприимчивых к антракнозу аллелей гена *R*.

Аллель устойчивости к антракнозу DCAnS3 гена *Lanr1* несут 40% изученных генотипов. Маркерный аллель DCAnS4 выявлен у 30% образцов. Эти же образцы давали положительный результат при генотипировании с маркером DCAnS3, что позволяет с уверенностью утверждать о наличии у них гена устойчивости к антракнозу *Lanr1*.

Результаты ДНК-типирования свидетельствуют, что в исследуемой коллекции образцов люпина узколистного более распространены детерминирующие устойчивость к антракнозу аллели гена *Lanr1* в сравнении с аллелями устойчивости гена *R*. На основании результатов ДНК-типирования по генам устойчивости к антракнозу отобраны селекционно ценные образцы, несущие устойчивые аллели.

Литература

1. Анисимова, Н.В. Анализ коллекции люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) по генам хозяйственно-ценных признаков / Н.В. Анисимова [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, 2018. – Вып. 54. – С. 300–308.

2. 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.

3. Стержневая генетическая коллекция *Lupinus angustifolius* L.: генетика, формирование биологического банка генов, использование / Н. С. Кушпов [и др.]; ред.: С.И. Гриб, В.С. Анохина; НАН Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2014. – 126 с.

4. Application of next-generation sequencing for rapid marker development in molecular plant breeding: a case study on anthracnose disease resistance in *Lupinus angustifolius* L. / H. Yang [et al.] // BMC Genomics. – 2012. – Vol. 13. – P. 318.

5. Boersma, J.G. et al. Development of two sequence-specific PCR markers linked to the *le* gene that reduces pod shattering in narrow-leaved Lupin (*Lupinus angustifolius* L.) / J.G.Boersma, B.J.Buirchell, K.Sivasithamparam, H.Yang // Genet Mol Biol. – 2007. – Vol. 30. – P. 623–629.

6. Boersma, J.G. et al. Development of a sequence-specific marker linked to the *Ku* gene which removes the vernalization requirement in narrow-leaved lupin / J.G.Boersma, B.J.Buirchell, K.Sivasithamparam, H.Yang // Plant breed. – 2007. – Vol. 126. – P. 306–309.

7. Li, X. Development of a co-dominant DNA marker tightly linked to gene *tardus* conferring reduced pod shattering in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) / X. Li, G. Yan, D. Renshaw, H. Yang // Euphytica, 2010. – N. 176. – P. 49–58.

8. 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.

9. Li, X. et al. A molecular marker linked to the *mollis* gene conferring soft-seediness for marker-assisted selection applicable to a wide range of crosses in lupin (*Lupinus angustifolius* L.) breeding / X.Li, B.Buirchell, G.Yan, Yang H. // Mol Breed. – 2012. – Vol. 29. – P. 361–370.

10. Yang, H. et al. A strategy to develop molecular markers applicable to a wide range of crosses for marker assisted selection in plant breeding: a case study on anthracnose disease resistance in lupin (*Lupinus angustifolius* L.) / H.Yang, D.Renshaw, G.Thomas, B.Buirchell, M.Sweetingham // Mol Breed. – 2008. – Vol. 21. – P. 473–483.

SCREENING OF BLUE LUPINE ACCESSION COLLECTION FOR THE GENES OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS

*N.V. Anisimova, E.N. Sysolyatin, M.N. Kritsky, V.Ch. Shor, V.V. Grin,
A.A. Kozlovsky, A.V. Kilchevsky*

*As a result of the conducted research the methodology of marker assisted selection in blue lupine has been tried and tested for the following traits: resistance to anthracnose, pod dehiscence, alkaloid content, tendency to vernalization, moisture permeability of a seed coat. The accessions with economically important traits important for breeding in the Republic of Belarus have been identified. The analysis of the results of DNA-typing shows that all the accessions of the studied collection have alleles of the following genes: iucundus (reduced alkaloid content), Ku (*thermoneutrality*), mollis (moisture permeability of a seed coat), lentus (pod indehiscence). In the studied collection polymorphism has been identified through the pod indehiscence gene tardus. About 20 % of the accessions possess a wild allele determining an undesirable trait of pod self-dehiscence during the maturation process. Anthracnose resistance genotyping allows identifying accessions with resistance alleles.*

УДК 633.358:577.2

ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ IN VITRO ГОРОХА ПОСЕВНОГО С ЦЕЛЬЮ ПОСЛЕДУЮЩЕГО МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ

*Н.Л. Ермоленко, науч. сотр., И.Н. Сеница, науч. сотр.,
Е.Н. Кулинкович, канд. с.-х. наук*

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 27.03.2020)*

Рецензент: Шор В.Ч., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** Изучена возможность введения в культуру in vitro гороха посевного. Определено, что оптимальными стерилизующими агентами для гороха в наших исследованиях оказались Domestos в 15 % концентрации и 30-ти минутной экспозиции и хлорамин Б в 8 % концентрации и 25 минутной экспозиции. Максимальная интенсивность каллусообразования отмечена в вариантах со слабыми стерилизующими агентами спиртом (77,3 %) и Хозяюшкой (123,8 %). Прямой морфогенез отмечен во всех вариантах опыта, независимо от способа стерилизации.*

Введение. Зернобобовые культуры наряду с зерновыми являются основой устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли во всем мире. В Беларуси в структуре посевных площадей на группу зернобобовых культур приходится около 150 тыс. га, и горох в данной группе занимает лидирующее место (около 30 % в чистом виде и смешанные посевы с другими бобовыми и злаковыми

культурами). Он является важным источником растительного белка, используемого как в пищу, так и на корм сельскохозяйственным животным.

Более широкое возделывание гороха ограничивает ряд причин, среди которых недостаточная засухоустойчивость, поражение грибными и бактериальными болезнями, полегаемость к уборке. Потери урожая гороха от вредителей и болезней могут составить более 30 %. Для повышения результативности селекционных работ, быстрого размножения ценных селекционных образцов, длительного сохранения отдельных генотипов и гибридов, отбора на селективных средах целесообразно использовать методы культуры изолированных тканей [1].

Одним из главных условий успешного внедрения биотехнологических методов для создания и отбора нового исходного материала является разработка эффективных методов регенерации растений из культивируемых в условиях *in vitro* каллусных и клеточных культур. Проводить микроклональное размножение гороха можно, как методами прямого морфогенеза [2, 4], так и через стадию введения в каллусную культуру с последующим морфогенезом [3, 5]. Изучение и анализ работ разных исследователей показал, что эффективность процессов морфогенеза из каллусной культуры у гороха зависит от целого ряда факторов, таких как: генотип исходного образца, вид и возраст используемого первичного экспланта, состав питательной среды и комбинация используемых экзогенных фитогормонов [3].

В настоящее время методы культуры тканей и клеток находят все более широкое применение в селекции важнейших сельскохозяйственных культур и использование биотехнологических методов в селекционных программах ежегодно расширяется. В селекции гороха в нашей республике это направление явно отстает от общемировых тенденций, поэтому разработка эффективной методики микроклонального размножения гороха является своевременной и актуальной. Применение данного метода будет эффективно при внутривидовой гибридизации гороха, отборе устойчивых к различным стрессовым факторам форм с последующим микроклональным размножением, позволит уменьшить сроки создания сорта на 2-3 года.

Цель исследований. Усовершенствовать методику микроклонального размножения гороха и оценить его морфогенную способность. Поставленную цель предусматривается решить посредством реализации следующих задач:

1. Изучить способы стерилизации исходного материала, подобрать стерилизующий агент, установить оптимальную концентрацию и время экспозиции материала.

2. Определение оптимальных составов питательных сред, частоту пассирования и количество пассажей для индукции каллусогенеза, морфогенеза и регенерации.

Материал и методика. Исследования проводили в лаборатории биохимии и биотехнологии РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2019–2020 гг. Для изучения способов стерилизации и эффективности стерилизующих агентов проводили исследования на семенном материале сорта гороха посевного *Миллениум*, полученного из отдела зернобобовых культур. В

качестве стерилизующего агента использовали растворы следующих веществ: этиловый спирт, хлорамин, Хозяюшка, Domestos в различных концентрациях и с разным временем экспозиции.

Для введения гороха посевного в чистую культуру отбирали полноценные, хорошо выполненные семена без внешних признаков повреждения. Затем их замачивали в стерилизующих растворах различной концентрации и экспозиции в зависимости от варианта опыта. Для определения токсического действия стерилизующих агентов на семена гороха нами было заложено 2 контроля в рулоны. В контроле 1 семена не проходили стерилизацию перед закладкой в рулоны. В контроле 2 семена перед закладкой стерилизовали в 8 % растворе хлорамин и затем закладывали в рулоны. В контроле 1 и 2 исключается стимулирующее влияние полной питательной среды на развитие грибной и бактериальной инфекции.

Варианты опыта:

1. Контроль 1
2. Контроль 2
3. Этиловый спирт 96 % с экспозицией 1 мин
4. Хлорамин 8 % – экспозиция 25 мин.
5. Хозяюшка 10 % – экспозиция 30 мин.
6. Domestos 15 % – экспозиция 30 мин.

После стерилизации семян проводили их трехкратную промывку автоклавированной дистиллированной водой и высаживали либо в чашки Петри на влажную автоклавированную фильтровальную бумагу, либо в пробирки на питательную среду $\frac{1}{2}$ МС. Проращивание семян и культивацию эксплантов проводили в световой комнате при температуре 26 °С и 16-ти часовом световом режиме. В каждом варианте опыта было высажено от 35 до 137 пробирок.

Вычленение эксплантов проводили на 3–5 день после начала прорастания по мере достижения проростками длины 2 см. В качестве доноров использовали только хорошо развитые проростки без признаков инфекции, деформации и уродств.

Каждый проросток разрезали на 4–7 частей и высаживали на среду для каллусогенеза в чашки Петри, где культивировали в течение 30 дней. По мере возникновения морфогенных структур экспланты переносили на среду для регенерации. Экспланты, где наблюдался только каллусогенез, пересаживали на свежую каллусогенную среду и культивировали еще 30 дней. После второго пассажа все каллусы пересаживались на морфогенную среду.

Результаты и обсуждение. Сравнение развития проростков, высаженных на чашки Петри и в пробирки со средой, показал, что выращивание в пробирках снижает инфицированность донорных растений. Кроме того, всхожесть на питательной среде у гороха была выше, чем в чашках на фильтровальной бумаге.

Для успешного введения в культуру *in vitro* необходимо на первом этапе культивации отработать эффективную методику стерилизации донорного материала. С этой целью нами были изучены 4 стерилизующих агента – этиловый спирт, хлорамин Б, Хозяюшка и Domestos (Таблица 1, Рисунок 1).

Таблица 1 – Эффективность различных стерилизующих агентов при обеззараживании семенного материала для введения в культуру *in vitro*

Стерилизующий агент	Концентрация, %	Количество высаженных семян, шт.	Всхожесть, %	Стерильные растения, %	Инфицированные, %	Уродливые, %
Контроль 1	-	35	37,1	25,0	75,0	0
Контроль 2 (хлорамин)	8	35	25,7	94,0	6,0	0
Этиловый спирт	96%	32	12,2	9,4	84,4	0
Хлорамин Б	8%	114	36,5	28,1	36,0	21,9
Хозяюшка	10%	82	4,8	3,7	78,0	0
Domestos	15%	137	22,6	60,0	40,0	10,2

Анализ полученных результатов показал, что изученные в опыте растворы данных средств имели различную эффективность стерилизации и оказывали значительное влияние на выход стерильных растений.

Показатель всхожести отражает количество хорошо развитых проростков на 7 день без каких-либо уродств. По сути, в нашем опыте он показывает выход донорных растений, пригодных для биотехнологических манипуляций.

В контрольных вариантах, которые были заложены без полной питательной среды, минеральные и гормональные компоненты которой стимулируют интенсивный рост патогенов, было установлено, что изученный сорт *Миллениум* урожая 2019 г. обладал очень низкой всхожестью (25,7–37,1 %) и высокой инфицированностью семенного материала (75 %). Добавление 8-ми процентного хлорамина в качестве стерилизующего агента перед закладкой в рулоны снизило инфицированность семян до 6 %, но и всхожесть также снизилась на 11,4 %.

Вариант стерилизации 96 % этиловым спиртом по количеству инфицированных проростков оказался самым худшим. Количество семян, инфицированных грибной и бактериальной инфекцией, было максимальным и составило 84,4 %, а такой показатель, как выход стерильных растений, пригодных для выделения эксплантов, составил 9,4 %. Эти данные лучше, чем в варианте с Хозяюшкой, где инфицированность хоть и была несколько ниже, чем в предыдущем варианте (78,0%), но количество стерильных и хорошо развитых растений составило только 3,7%.

В варианте с хлораминном Б инфицированность составила 36,0 %, количество стерильных, пригодных для получения эксплантов проростков, было 28,1 %. Однако в данном варианте отмечено высокое количество уродливых проростков (21,9 %), не пригодных для биотехнологических работ.

В варианте с использованием 15 % Domestos отмечен самый высокий процент стерильных растений на питательных средах – 60 %. Количество хорошо развитых проростков было несколько ниже (22,6 %), чем в варианте с хлораминном Б, но и количество уродливых растений также снижалось до 10,2 %.

Таким образом, наиболее оптимальным стерилизующим агентом мы считаем Domestos в 15% концентрации с экспозицией 30 минут. Удовлетворительным вариантом также можно назвать хлорамин Б в 8-ми процентной концентрации с экспозицией 25 мин.

Изучив литературные источники для своей работы, мы решили использовать вариант микроклонального размножения гороха через стадию введения в каллусную культуру с последующим морфогенезом, как дающую на выходе наибольший процент регенерантных растений и максимальный коэффициент размножения [3]. Поэтому вторым этапом культивации гороха в культуре *in vitro* является посадка на среду для инициации каллусогенеза (рисунок 2). Для получения первичного каллуса использовали среду, включающую минеральные соли и витамины В5, с добавлением фитогормонов: БАП – 0,66мг/л и НУК – 5мг/л [2]. Результаты протекания процессов каллусогенеза и морфогенеза представлены в таблице 2 и рисунке 3.

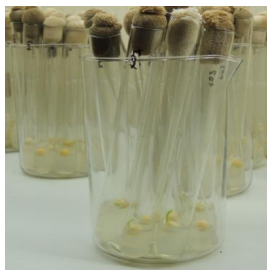


Рисунок 1 – Введение в чистую культуру гороха посевного

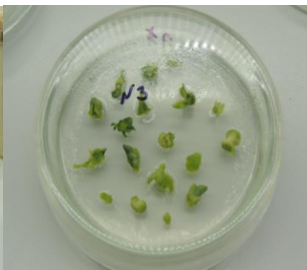


Рисунок 2 – Каллусогенез в культуре *in vitro* у гороха посевного

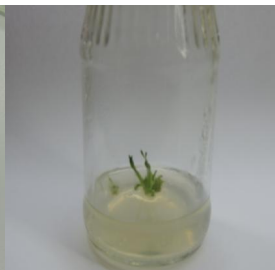


Рисунок 3 – Прямой морфогенез в культуре *in vitro* у гороха посевного

Таблица 2 – Развитие эксплантов на втором этапе культивации *in vitro* (первый пассаж)

Вариант стерилизации	Количество высаженных эксплантов, шт.	Интенсивность каллусообразования, %	Прямой морфогенез, %
Этиловый спирт	44	77,3	13,6
Хлорамин Б	248	39,1	8,0
Хозяюшка	63	123,8	3,2
Domestos	114	42,0	7,3

Как видно из данных таблицы 2, интенсивность протекания процессов каллусообразования значительно различалась в зависимости от способа стерилизации. Максимальное значение данного показателя отмечено в варианте, где в качестве стерилизующего агента было использовано средство Хозяюшка. В данном варианте интенсивность каллусообразования была максимальной и составила 123,8 %.

Это объясняется тем, что хотя в этом варианте и отмечалось минимальное количество стерильных проростков, однако все они были хорошо развиты. В данном стерилизующем агенте содержалось минимальное количество гипохлорита и хлорита натрия, который угнетающе действует на проростки и процессы каллусообразования. Поэтому процессы каллусогенеза шли очень активно и многие экспланты дали не одиночный каллус, а группу каллусов, которые легко отделялись друг от друга при последующих пассажах. Такое развитие процессов каллусогенеза и обусловило его максимальную интенсивность. Также в данном варианте отмечен и небольшой процент эксплантов с прямым морфогенезом (3,2 %).

В варианте с этиловым спиртом интенсивность каллусообразования составила 77,3 % и отмечено самое высокое количество эксплантов, развивающихся по пути прямого морфогенеза (13,6 %).

В вариантах, где в качестве стерилизующих агентов использовали хлорамин Б и Domestos и были показаны самые лучшие результаты стерилизации, имели интенсивность каллусообразования на уровне 39,1–42,0 % и прямой морфогенез составил 8,0–7,3 % соответственно.

Выводы

1. Установлено, что оптимальным стерилизующим агентом для гороха оказалось средство Domestos в 15 % концентрации и 30-ти минутной экспозиции. Вариант стерилизации хлорамином Б в 8 % концентрации и 25 минутной экспозиции также можно считать удовлетворительным.

2. Максимальная интенсивность каллусообразования отмечена в вариантах со слабыми стерилизующими агентами спиртом (77,3 %) и Хозяюшкой (123,8 %).

3. Прямой морфогенез на уровне 3,2–13,6 % отмечен во всех вариантах опыта.

Литература

1. *Соболева, Г.В.* Скрининг различных морфотипов гороха по устойчивости к осмотическому стрессу в селективных системах *in vitro* / Г.В. Соболева [и др.] / Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №3 (31). – С. 22–27.

2. *Сащенко, М.Н.* Особенности развития растений гороха при микрклональном размножении в условиях культуры *in vitro* / М.Н. Сащенко [и др.]. // Вестник Алтайского государственного университета. – 2014. – №6 (116). – С. 24–29.

3. *Соболева, Г.В.* Регенерация растений гороха (*Pisum sativum* L) в культуре каллусной ткани / Г.В. Соболева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – №3 (19). – С. 27–35.

4. *Жужжалова, Т.П.* Особенности вегетативного размножения гороха в культуре *in vitro* / Т.П. Жужжалова [и др.] // Научные ведомости. Серия естественные науки. – 2011. – №9(104). Выпуск 15/2. – С. 140–144.

5. *Суворова, Г.Н.* Разработка и использование биотехнологических методов для создания новых форм растений зернобобовых и крупяных культур / Г.Н. Суворова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №2. – С. 10–13.

CHARACTERISTICS OF IN VITRO INTRODUCTION OF GREEN PEA FOR FURTHER MICROCLONAL PROPAGATION

N.L. Ermolenko, I.N. Sinitsa, E.N. Kulinkovich

The possibility of in vitro introduction of green pea was studied. It was established that Domestos (15 %, 30 minutes' exposure) and Chloramin B (8 %, 25 minutes' exposure) were optimal sterilizing agents for green pea. The maximum intensity of callus formation was observed in the variants with weak sterilizing agents: alcohol (77.3 %) and Khozyaiushka (123.8%). Direct morphogenesis was observed in all the variants of the experiment, regardless of the way of sterilization.

УДК 631.52:633.2:633.31/.37

ГЕНОФОНД КОРМОВЫХ ТРАВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В СЕЛЕКЦИИ

Л.З. Байструк-Глодан, кандидат с.-х. наук, **М.М. Хомяк**, ст. науч. сотрудник
Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН, Украина
(Поступила 06.03.2020)

Рецензент: Матыс И.С., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты длительных исследований по изучению генофонда кормовых трав с целью выявления источников хозяйственно ценных признаков для целенаправленного их использования в селекционном процессе в условиях Украины. Создание генетически разнообразного материала дает возможность более эффективно использовать потенциал кормовых трав в селекции, что создаст предпосылки повышения их урожайности на 15%.

Введение. Уровень владения генетическими ресурсами растений и их использование имеет политическое значение, поскольку в большой степени определяет статус страны на международной арене. С вступлением Украины в ФАО увеличилась и ее ответственность перед мировым сообществом за свой растительный генофонд как часть мирового генофонда. Как показал мировой опыт, наиболее надежным путем сохранения в жизнеспособном состоянии, обогащении, мобилизации генетических ресурсов растений для нужд производства, селекции, науки и образования является создание Генбанка растений, оборудованного комплексом соответствующих технических средств.

Одним из факторов дальнейшего развития животноводства в Украине, особенно молочного скотоводства, является создание соответствующей кормовой базы. Важным резервом стабилизации производства кормов в системе зеленого и сырьевого конвейера являются многолетние кормовые травы. Кормовые травы – большая группа однолетних и многолетних видов кормовых культур, которая объединяет бобовые и злаковые травы. В структуре посевной площади они занимают 50–60 %.

Бобовые растения – традиционный источник протеинов, отличительной особенностью которых является высокое содержание протеина хорошего качества, богатого незаменимыми аминокислотами, хорошо растворимого в воде и солевых растворах. Одним из хозяйственно-ценных показателей многолетних бобовых трав является их зимостойкость. Многолетние бобовые травы накапливают в почве азот за счет фиксации его из воздуха [1, 2].

Кормовые достоинства многолетних злаковых трав обусловлены их биологическими особенностями – интенсивным побегообразованием, отавностью, большой отзывчивостью на удобрение и орошение, хорошей поедаемостью, высокой продуктивностью и устойчивым долголетием в травостоях.

Успешная реализация селекционных программ по созданию новых сортов любых культур, конечной целью которых является решение продовольственных, экономических и социальных программ, возможна только при использовании новых надежных источников генетического разнообразия, при наличии соответствующего исходного материала. Создание коллекций полевых культур помогает изучить и проанализировать общий потенциал вида, выделить исходный материал с ценными хозяйственными признаками, поможет селекционеру быстрее и эффективнее подбирать родительские формы для скрещивания [3]. Основой любого селекционного процесса является наличие исходного материала с широкой генотипической изменчивостью по основным ценным хозяйственным признакам. В связи с этим использование генетического разнообразия исходных форм – первый и очень важный этап на пути создания сортов. Особую ценность для селекции имеют коллекции, в которых сосредоточены образцы с различными уровнями проявления ценных хозяйственных признаков. В зависимости от направлений селекции и характеристик сортов, которые улучшаются, для создания селекционного материала и отборов привлекаются образцы с необходимым уровнем проявления определенных признаков с учетом их генетического контроля и эколого-географического происхождения [4].

Генетические ресурсы растений рассматриваются как основной источник улучшения сельскохозяйственных культур на ближайшие десятилетия. Большое значение для селекции многолетних трав имеет тщательно подобранный и комплексно изученный исходный материал. С этой целью в лаборатории селекции трав Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН создана коллекция генетических ресурсов кормовых трав. Проводится сбор и сохранение коллекций в количественном составе, изучение их качественных характеристик для использования генетического разнообразия при создании новых высокопродуктивных сортов и гибридов. Коллекция кормовых трав отличается разнообразием как по географическому происхождению, так и по ботаническому составу.

Актуальность задачи обоснована необходимостью усовершенствования уже существующих методик изучения генофонда кормовых культур, расширение признакового пространства для удовлетворения потребностей отечественной селекции в мире, изменений климатических условий страны и направлений использования сельскохозяйственных культур. Это решается путем выявления

особенностей генетической плазмы коллекционных образцов многолетних бобовых и злаковых трав.

Материалы и методика. Изучение образцов коллекции проводили в почвенно-климатических условиях Западного региона Украины на протяжении 2000-2019 гг. Все образцы, поступающие в коллекцию, изучаются в течение 3 лет на продуктивность, а также проводятся фенологические наблюдения и морфологические описания по общепринятым методикам [5, 6, 7]. По мере необходимости визуально оценивается их устойчивость к абиотическим факторам среды. Устойчивость растений к основным болезням и вредителям, а также оценка растений на устойчивость к полеганию определяли визуально по 9-балльной шкале согласно международному классификатору для кормовых трав. По своим биологическим возможностям изучаемые сортообразцы сильно различаются по уровню продуктивности. Анализ, статистическую и математическую обработку полученных результатов проводили по Б.А. Доспехову [8].

Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднесезонных показателей, как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков, что позволило более объективно оценить коллекционные образцы кормовых трав.

При изучении коллекции многолетних бобовых и злаковых трав была выявлена различная реакция образцов на меняющиеся условия среды. Выделены лучшие коллекционные образцы как по отдельным селекционно-ценным признакам, так и по их комплексу. Одним из важнейших признаков, который необходимо учитывать при создании сортов различных сельскохозяйственных культур и при подборе их для выращивания в определенных почвенно-климатических условиях, является продолжительность вегетационного периода.

Результаты и обсуждение. По результатам комплексного изучения привлеченных образцов, а также образцов собственной селекции на 2020 г. сформирована коллекция кормовых растений, которая насчитывает 1085 образцов из 19 видов, из них бобовых – 482 и злаковых – 603 (таблица). Коллекционные образцы кормовых культур проходят изучение по комплексу хозяйственно-ценных признаков в лаборатории селекции трав ИСГКР (зона Предкарпатья). Изучается в коллекции 615 образцов многолетних трав: бобовых – 258, злаковых – 357.

Были обобщены многолетние исследования по расширению видового и внутривидового разнообразия. На их основе сформированы и зарегистрированы согласно «Положению о регистрации коллекций образцов генофонда растений в Национальном центре генетических ресурсов растений Украины»: базовая коллекция генофонда многолетних бобовых и злаковых трав; признаковая коллекция клевера лугового по урожайности и устойчивости к мучнистой росе (в составе коллекции 52 образца из 5 стран мира) (Св. № 89); признаковая коллекция ежи сборной по урожайности и устойчивости к другим факторам (в составе коллекции 49 образцов из 8 стран мира) (Св. № 116); признаковая коллекция по клеверу ползучему по урожайности и скороспелости (состоит из одного ботанического вида и включает 31 образец).

Таблица – Видовой и количественный состав коллекции кормовых трав ИСГКР НААН

Вид	Количество образцов, шт.	Вид	Количество образцов, шт.
<i>Trifolium pratense L.</i>	200	<i>Festuca arundinacea Schreb.</i>	30
<i>Trifolium repens L.</i>	110	<i>Bromopsis inermis (Leyss.) Holub</i>	48
<i>Trifolium hybridum L.</i>	65	<i>Lolium multiflorum Lam</i>	6
<i>Trifolium incarnatum L.</i>	9	<i>Phalaroides arundinacea (L.) Rausch.</i>	5
<i>Galega orientalis L.</i>	20	<i>Arrhenatherum elatius (L.) J. et C.Presl</i>	26
<i>Lotus corniculatus L.</i>	75	<i>Lolium perenne L.</i>	130
<i>Medicago sativa L.</i>	3	<i>Agrostis gigantea Roth</i>	3
<i>Festuca rubra L.</i>	55	<i>Dactylis glomerata L.</i>	155
<i>Festuca pratensis Huds.</i>	13	<i>Phleum pratense L.</i>	105
<i>Festuca trachyphylla L.</i>	19	<i>Poa pratensis L.</i>	8

Углубленное изучение морфологических и хозяйственных признаков коллекционных образцов кормовых трав позволило:

– зарегистрировать в НЦГРРУ: селекционный номер клевера лугового № 193 (Св. № 557), селекционный номер клевера ползучего № 504 (Св. № 558), ежи сборной *Дрогобичанка поздняя* (Св. № 939), тимopheевки луговой № 4(Св. № 938), райграса многолетнего *Осин* (Св. № 940), ежи сборной (Св. № 1890 и № 1891), овсяницы красной П1776 (Св. № 1915) и клевера ползучего Д 498 (Св. № 1992), Д 500 (Св. № 1993), МДШ 27 (Св. № 1994), ИДРЛ (Св. № 1995);

– сформировать: интродукционную базу данных; базу данных коллекционных образцов многолетних бобовых и злаковых трав; образные базы данных;

– создать сорта кормовых трав: райграса пастбищного *Дрогобицький 2*, *Дрогобицький 16*, *Осин*; овсяницы красной *Говерла*, *Львів'янка*; ежи сборной *Дрогобичанка*, *Марічка*, *Бойківчанка*; тимopheевки луговой *Підгір'янка*, *Дарина*; полевицы белой *Галичанка*, овсяница тростниковая *Смерічка*; клевера лугового *Передкарпатська 33*, *Передкарпатська 6*, *Трускавчанка*; клевера ползучего *Передкарпатська 1*, *Лішнянська*, *Східничанка*; клевера гибридного *Придністро-вська*.

На протяжении 2000-2019 гг. проведен поиск и привлечено в коллекцию 2267 образцов, в том числе в 2019 г. 102 образца многолетних трав, из них 18 образцов клевера лугового, клевера ползучего – 14, клевера гибридного – 8, других видов бобовых – 2, ежи сборной – 15, райграса пастбищного – 14, райграса высокого – 5, тимopheевки луговой – 12, овсяницы красной – 6, другие виды злаковых – 9. Интродуцированный материал несет ценную генную плазму, имеет значение для селекции как адаптированный к местным условиям, а также как источник ценных хозяйственных признаков. Проведены отборы лучших селекционных номеров и элитных растений многолетних трав в количестве 48 образцов. Выделены ценные генетические источники и доноры селекционных признаков: ежи сборной 145 шт.; райграса высокого 36 шт.; овся-

ницы тростниковой 51 шт.; тимофеевки луговой 115 шт.; костреца безостого 61 шт.; лядвенца рогатого 32 шт.; овсяницы красной 93 шт.; клевера лугового 152 шт.; клевера ползучего 45 шт.; клевера гибридного 35 шт. Методами гибридизации, индивидуально-семейного и массового отборов создан новый исходный материал (14 селекционных номеров овсяницы красной, 8 овсяницы шершаволистной, 13 райграса многолетнего, 13 костреца безостого, 10 лядвенца рогатого, 16 ежи сборной, 11 райграса высокого, 10 овсяницы тростниковой, 14 тимофеевки луговой, 17 клевера лугового, 10 клевера ползучего, 10 клевера гибридного, который в дальнейшем будет использоваться в практической селекции).

В результате использования коллекционного материала в 2015 г. созданы и проходят государственную научно-техническую экспертизу в Государственной службе по охране прав на сорта растений Украины:

- сорт козлятника восточного *Карпатський* (UJ 4600041) (заявка №13168002);
- сорт лядвенца рогатого *Верховинець* (UJ 0500182) (заявка № 15198001);
- сорт клевера лугового *Україночка* (UJ 0600806) (заявка № 15155003).

Проходят изучение заявленные в НЦГРРУ на регистрацию образцы многолетних бобовых и злаковых трав на выдачу «Свидетельства о регистрации образцов генофонда растений в Украине», а именно: клевер луговой 2 образца, по 1 образцу клевера гибридного, эспарцета закавказского, люпина многолетнего, козлятника восточного, овсяницы красной, овсянице-райграсового гибрида и полевицы белой и по 4 образца райграса многолетнего и тимофеевки луговой.

На долгосрочное хранение в Национальное хранилище Украины заложены семена 262 образцов бобовых трав и 464 образцов злаковых трав (рисунок).

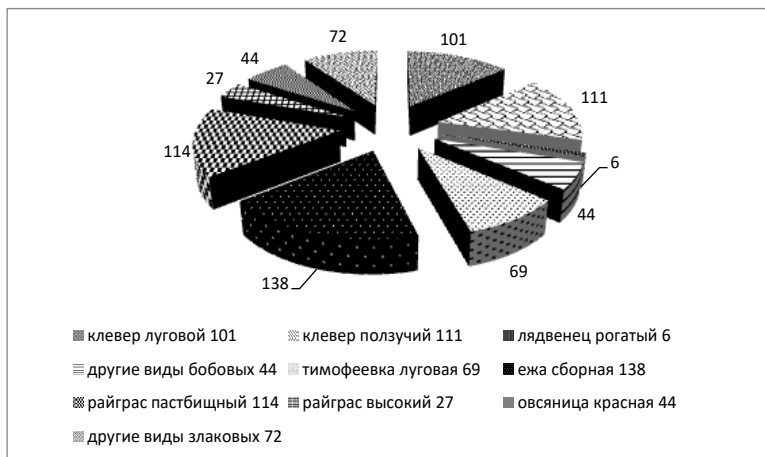


Рисунок – Количество сортообразцов кормовых трав Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН в Национальном хранилище Украины

В Центральную базу НЦГРРУ переданы паспорта образцов кормовых трав, в частности, 507 бобовых и 588 злаковых.

Коллекции генофонда растений играют огромную и незаменимую роль в непрерывном процессе улучшения культурных растений. Важная роль коллекций заключается в консервации генетического разнообразия внутри культивируемых видов и их диких родственников, поддержке исследований и селекционных программ. Полученные результаты свидетельствуют о наличии необходимого научного и исследовательского материала для выполнения задачи по ведению коллекций генетических ресурсов кормовых трав. Этот генофонд, который постоянно будет обогащаться новыми ценными образцами дикорастущих форм и местных популяций многолетних бобовых и злаковых трав, является базой для создания новых поколений сортов, которые должны обеспечить потребности кормопроизводства. Кроме этого, закладываются предпосылки сохранения генетического разнообразия растений для будущих поколений.

Выводы

1. На базе Института сельского хозяйства Карпатского региона, начиная с 2000 г., сформирована и сохраняется в виде семян коллекция кормовых культур, которая насчитывает 1085 образцов 19 ботанических видов. Созданная коллекция представляет видовое разнообразие кормовых трав, которое требует углубленного изучения и широкого привлечения их в кормопроизводство и другие отрасли народного хозяйства.

2. По результатам многолетнего изучения коллекционных образцов по морфологическим и хозяйственно-ценным признакам были выделены перспективные образцы, которые могут быть использованы в качестве исходного материала в селекции сортов кормовых трав. По бобовым травам выделен ценный материал по кормовой продуктивности, высоте растений в период массового цветения; по злаковым травам: с высокой кормовой продуктивностью (зеленая масса, сено и семена), облиственностью, мощностью травостоя, высотой растений на 20-й день после скашивания, устойчивостью к болезням и вредителям.

3. В коллекции многолетних бобовых и злаковых трав содержится уникальный генофонд, необходимый в качестве исходного материала для создания качественно новых сортов трав. Генетическое разнообразие собранного селекционного материала, а также тщательная оценка селекционных образцов кормовых трав позволила выделить лучшие из них, обладающие рядом хозяйственно-полезных признаков. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности поддержания и сохранения изученных коллекционных образцов как ценного исходного материала в коллекции.

Литература

1. *Никончик, П.И.* Агроэкономические основы использования земли / П.И. Никончик. – Минск: «Белорусская наука». – 2007 – 532 с.
2. *Мухина, Н.А.* Культурная флора / Н.А. Мухина [и др.]; под общ. ред. Н.А. Мухиной и А.К. Станкевич. – Москва: Колос, 1993. – Т. XIII. Многолетние бобовые травы. – 335 с.
3. *Байструк-Глодан, Л.З.* Ознакова колекція конюшини лучної / Л.З. Байструк-Глодан // Генетичні ресурси рослин. – 2011. – № 9. – С. 61-67.

4. Рябчун В.К. Проблеми та перспективи збереження генофонду рослин в Україні / В.К. Рябчун, Р.Л. Богуславський. – Харків, 2002. – 37 с.
5. Методика селекції багаторічних трав / ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса; [А.М. Константинова и др.]. – М.: [б. и.]. – 1969. – С. 110.
6. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ кормов им В.Р. Вильямса, 1983. – 197 с.
7. Методические указания по селекции многолетних трав. – М.: ВНИИ кормов им В.Р. Вильямса, 1985. – 188 с.
8. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва. – 1979. – 416 с.

FORAGE GRASSES GENEPOOL AND ITS APPLICATION IN BREEDING

L.Z. Baistruk-Glodan, M. M. Khomyak

The article presents the results of long-term studies of the gene pool of forage grasses in order to identify the sources of economically valuable traits for their application in the breeding process in Ukraine. The creation of a genetically diverse material enables to use more effectively the potential of forage grasses in breeding, which will create the prerequisites for increasing their yield by 15%.

УДК 633.265:631[527:524.5]

ТЕТРАПЛОИДНЫЙ РАЙГРАС ПАСТБИЩНЫЙ НА ОСНОВЕ ДИПЛОИДНОГО СОРТА ПАШАВЫ

П.П. Васько, кандидат биол. наук, *В.А. Столепченко*, кандидат с.-х. наук,
З.Г. Козловская

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 19.03.2020)

Рецензент: *Лужинский Д.В.*, кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** В результате перевода диплоидного сорта райграса пастбищного Пашавы, характеризующегося высокой зимостойкостью и устойчивостью к листовым болезням, на тетраплоидную основу сформированы высокопродуктивные морфологически выравненные тетраплоидные сортопопуляции, которые включены в селекционный процесс.*

Введение. Многочисленные исследования по райграсу пастбищному показывают, что культура отличается высоким содержанием основных питательных веществ и урожайностью, как при пастбищном, так и при сенокосном использовании, а также высокой переваримостью корма. Райграс пастбищный является ценным, доминантным компонентом пастбищных травостоев. Благодаря своему характеру роста райграс пастбищный очень вынослив к частому скашиванию, вытаптыванию. Для него характерно обилие прикорневых листьев, способность к быстрому накоплению и возобновлению запасов углеводов. У райграса пастбищного проявляется сильная изменчивость морфологических признаков, которая может коррелировать с изменчивостью кормовой ценности.

Недостатками культуры является слабая зимостойкость и засухоустойчивость существующих сортов, большая требовательность к плодородию почв и недостаточное продуктивное долголетие.

Основная цель полиплоидизации многолетних злаковых трав – повышение их продуктивности и улучшение кормовой ценности. Решение этой задачи во многом предопределяется правильным подбором исходного материала. Тетраплоиды, созданные на базе растений стандартного сорта, могут превышать урожайность кормовой массы на 20–40 % и более и обеспечивать равномерное поступление ее по укосам [1].

Использование экспериментальной полиплоидии приводит к увеличению числа хромосом, что вызывает у растений широкую изменчивость многих хозяйственно ценных признаков. Перекрестное опыление обуславливает сочетание эффекта полиплоидии с гетерозисом и расширяет возможности для ценного отбора у кормовых трав. Перекрестноопыляющиеся культуры больше подходят для селекции на полиплоидном уровне, чем самоопылители. У них быстрее восстанавливается фертильность, что связано с процессом отбора гамет и возникновением благоприятных их комбинаций. При большей продуктивности кормовой массы и в отдельных случаях несколько меньшей по сравнению с диплоидными сортами семенной продуктивностью тетраплоидные сорта занимают все большие площади посевов. Это объясняется более высокой продуктивностью кормовой массы у тетраплоидов при стравливании травостоев, лучшей поедаемостью корма, особенно в конце вегетационного периода.

Материалы и методика проведенных исследований. Селекционные исследования проводились на дерново-подзолистой связноупесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,4-0,6 м песком со средними агрохимическими показателями: рН – 5,6-6,1, содержание подвижных форм фосфора – 199-232 мг/кг, калия – 201-254 мг/кг почвы, гумуса – 1,94-2,30%.

При полиплоидизации увеличение количества хромосом выше оптимального сопровождается явлением депрессии в росте и развитии растений [2]. В нашей работе для получения тетраплоидов райграса пастбищного использован диплоидный ($2n=14$) сорт белорусской селекции райграс пастбищный *Пашавы*, который признан стандартом по зимостойкости. При полиплоидизации использовался колхицин ($C_{22}H_{25}O_6$), действие которого привело к укрупнению генеративных и вегетативных побегов исходной формы райграса пастбищного, и к снижению на 20 % их количества.

В фазе проростков 800 штук семена райграса пастбищного *Пашавы* обрабатывали 0,3% раствором колхицина. Каждой стадии развития растения соответствуют свои более или менее выраженные отличия и поэтому отбор тетраплоидных форм велся неоднократно.

Первый отбор проводили на ранних стадиях онтогенеза в чашках Петри по визуальным изменениям проростков, выживших в количестве 49,8 % после колхицинирования. Были выбракованы проростки, похожие на контрольные семена без обработки, а также не прорастающие и сильно поврежденные колхицином. Проростки, отстающие в росте, с утолщенными темно-зелеными coleoptilyami в количестве 300 штук (поколение C_0) пересаживали в почвенную

среду. Второй отбор на ранней стадии развития растений осуществлен в фазе 1–3 листьев по темно-зеленым широким листьям, т.е. по признакам, связанным с повышенным уровнем пloidности. Выращивание рассады проводилось при освещенности 8000 лк при фотопериоде 16 часов в течение 40 суток. Выжившие растения пересаживались в сосуды с почвой и доращивались до полного кущения в теплице, а затем были пересажены в питомник с размещением 0,45 х 0,7 м в полевые условия для прохождения яровизации.

Результаты и обсуждение. Результаты в работе по получению полиплоидов во многом зависят от своевременного обнаружения полиплоидных частей или целых растений, которые характеризуются комплексом анатомо-морфологических и цитоморфологических признаков, по которым их можно отличать от исходных форм. Нами использовались отличия по длине и ширине листьев, толщине побегов, деформации побегов, а, в дальнейшем, оценка перспективных популяций райграса пастбищного на тетраплоидность проводилась по числу хромосом. Для подсчета числа хромосом использовали молодые быстрорастущие корни проросших семян.

Выжившие после перезимовки растения райграса пастбищного поколения C_0 в полевых условиях в 2007 г. с фазы начала выметывания и до созревания семян находились под изоляторами. Проанализировано более 400 растений, у которых выделены утолщенные генеративные побеги с размером диаметра большим, чем у диплоидного сорта, с широким и длинным флаговым листом. В фазу полной спелости проведен биометрический анализ по определению массы семян, длины колоса, количества колосков и цветков, рассчитан процент завязываемости по группам пloidности (таблица 1). По показателю крупности семян была проведена группировка семенного материала с интервалом 0,5 г и селекционная работа продолжена с семенным материалом с массой 1000 семян от 4,5 г и выше, у которых длина составляла не менее 6,9–7,0 мм и ширина 1,3–1,5 мм. Вариабельность длины соцветия полиплоидов большая – от 7 до 34 см. Наблюдалось расщепление семян по признаку пloidности, которое составило для диплоидных семян – 4897 шт. и тетраплоидных семян – 1459 штук, т.е. близкое к ожидаемому генетическому соотношению 3:1.

Завязываемость семян полиплоидов под изоляторами варьировала в первом поколении от 9,6 до 23,0 % и была значительно ниже, чем при открытом естественном опылении в следующих поколениях при соблюдении пространственной изоляции.

Отборы в поколениях C_1 – C_5 проводили в фазу выхода в трубку – по утолщенным стеблям и более крупным и длинным листьям и в фазу полной спелости, когда отбирались только те семена, которые по размерам превышали диплоидные. Масса 1000 семян райграса пастбищного диплоидных форм – 1,74–2,0 г, тетраплоидных – более 3,97 г. Тетраплоидные формы райграса пастбищного отбирали в полевых опытах в питомниках с индивидуальным размещением растений по схеме 0,7 м х 0,7 м, а также в фитотронно-тепличном комплексе. Перед высадкой в поле рассада подвергалась идентификации по комплексу косвенных признаков.

Таблица 1 – Структурный анализ генеративных побегов тетраплоидного райграса пастбищного поколения С₁

Группа по крупности семян	Группировка полиплоидов по массе 1000 семян, г	Количество полиплоидных генеративных побегов, шт.	Количество цветков, шт.	Количество семян, шт.	Завязываемость, %	Длина колоса, см
1	2,0–2,48	13	1671	160	9,6	22,0 (16–28)
2	2,5–2,96	42	4993	700	14,0	22,6 (12–32)
3	3,0–3,48	119	14364	1713	11,9	23,6 (7–31)
4	3,5–3,97	107	13275	1401	10,6	24,2 (13–34)
5	4,0–4,49	82	9513	919	9,7	23,9 (14–34)
6	4,5–4,95	50	5817	568	9,8	23,9 (13–33)
7	5,0–5,87	45	5330	746	14,0	27,2 (16–32)
8	6,0–6,90	6	631	145	23,0	29,0 (26–31)
Паша-вы-диплоид	1,6–1,79	25	2567	483	18,1	19,6 (7–21)
V%	22,03					

При проведении оценки выровненности морфобиотипического состава тетраплоидного райграса пастбищного отмечен полиморфизм по типу кустика после яровизации от полустелющегося до промежуточного. С полустелющимся типом кустика в поколениях С₂ – С₅ наблюдалось 10–12% растений, с промежуточным типом кустика – 88–90% растений. По ширине листовых пластинок от средней величины до широкой наблюдалось 83–90% растений с шириной листьев 5–6 мм. По интенсивности окраски были отобраны морфотипы тетраплоидного райграса пастбищного с темно-зеленой окраской листьев, из которых сформированы сортопопуляции с показателями ширины листовой пластинки 5,5–6,3 мм, массой 1000 семян от 4,5 г и выше, и с перезимовкой растений в 5 баллов. Проводился отбор форм, устойчивых к ржавчине и гельминтоспориозу.

В селекционных питомниках при рядовом способе посева в течение шести лет проводилось изучение урожайности надземной массы и семенной продуктивности тетраплоидных сортообразцов райграса пастбищного в поколениях С₅–С₁₀. Тетраплоидные сортообразцы морфологически отличались от диплоидов более крупными размерами листьев, стеблей, соцветий и семян, а также увеличенной массой вегетативных органов. Перспективные тетраплоидные популяции райграса пастбищного превосходили районированный контрольный сорт по сухой массе на 34–50 % с превышением показателя семенной продуктивности на таком же уровне (таблица 2).

Масса 1000 семян тетраплоидного райграса пастбищного составляла 4,11–4,81 г, т.е. семена полиплоидов более крупные в отличие от диплоидной исходной формы.

Таблица 2 – Продуктивность райграса тетраплоидного в предварительном сортоиспытании в 2018–2019 гг.

Популяция	Урожайность сухой массы вегетацию		Урожайность семян		Количество генеративных побегов, шт./м ²	Масса 1000 семян, г
	кг/м ²	% к контролю	кг/м ²	% к контролю		
Гусляр – контроль	0,92	100	45,0	100,0	271	3,95
р.п. 12-1	1,03	111,9	60,2	133,8	225	4,46
р.п. 12-2	1,10	119,9	75,7	168,2	406	4,24
р.п. 8-4	1,01	109,7	57,3	127,3	305	4,81
р.п. 9	1,08	117,4	71,5	158,9	362	4,11
р.п. 3-1	1,38	150,1	67,7	150,4	296	4,86
р.п. 6	1,13	122,4	53,0	117,8	195	4,68
р.п. 16-1	1,24	134,4	59,3	131,8	216	4,50
р.п. 16-2	1,11	121,0	65,4	145,3	288	4,13
р.п. 1	1,14	124,2	52,6	116,9	261	4,29

Выводы

В результате перевода диплоидного сорта райграса пастбищного *Пашавы* на тетраплоидную основу сформированы и включены в селекционный процесс тетраплоидные сортопопуляции с хорошей зимостойкостью, устойчивые к листовым пятнистостям и изучены при пастбищном режиме использования.

Литература

1. *Слесаревичус, А.К.* Генетические основы в селекции злаковых трав / А.К. Слесаревичус. – Л., 1992. – 160 с.
2. *Жуковский, П.М.* Эволюционные аспекты полиплоидии у растений. – Минск : Наука и техника, 1972. – С. 9-18.
3. Методические указания по селекции многолетних трав. М.: ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса, 1985, –188с.

TETRAPLOID DOMESTIC RYEGRASS BASED ON THE STANDARD DIPLOID VARIETY PASHAVA

P.P. Vasko, V.A. Stolepchenko, Z.G. Kozlovskaya

As a result of transfer of the domestic ryegrass diploid variety Pashava with high winter hardiness and resistance to foliar diseases to tetraploid basis, high yield morphologically similar tetraploid variety populations were formed and included in the breeding process.

ОТБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО ПО МОРФО-АНАТОМИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ СТЕБЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СОРТОВ

Е.Л. Андроник, Н.А. Дуктова, Е.В. Иванова, М.Е. Маслинская,*
кандидаты с.-х. наук

*РУП «Институт льна», аг. Устье, *УО «БГСХА», г. Горки*
(Поступила 27.03.2020)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приведен анализ гистологических элементов стебля льна масличного, оценена их сортовая изменчивость. Установлена целесообразность использования анатомических параметров стебля в качестве критериев отбора в селекции льна масличного на устойчивость к полеганию и продуктивность.

Введение. На современном этапе главной задачей селекции льна масличного является создание технологичных сортов, адаптированных к условиям Беларуси с потенциальной урожайностью семян до 3 т/га, масличностью до 50 %, высокой устойчивостью к болезням и пригодных к механизированной уборке.

Представление о количестве волокна, устойчивости растений к полеганию, о характере формирования и развития репродуктивных органов, следовательно, и продуктивности растения, что особенно актуально для льна масличного, у которого товарной частью являются семена, дает анатомическая картина поперечного среза стебля. Поэтому в качестве критериев для отбора на ранних этапах селекции целесообразно использовать данные анатомического анализа (толщина лубяных волокон склеренхимы, количество их и характер расположения, диаметр стебля, лакуны, характер формирования элементарных волокон и др.). Огромное значение имеет и анализ корреляционных зависимостей признаков льна масличного, так как показывает, что направленный отбор по каждому из них может дать положительный сдвиг в увеличении количества и качества урожая [1].

При уборке льна масличного прямым комбайнированием [2] стебли очень повреждаются молотильным аппаратом и имеют хаотичное размещение; солома засоряется обрывками разветвленной части стебля, которые при переработке тресты очень трудно отделяются от волокна. Таким образом, оценка отечественных и зарубежных сортов льна масличного по гистологическим и анатомическим параметрам стебля, изучение их технологических свойств и обоснование критериев их отбора на максимальную пригодность к механизированной уборке является актуальным и требует изучения.

Исходный материал. Для анализа анатомо-морфологических признаков отобраны растения 16 образцов различного эколого-географического происхождения: белорусской селекции (*Фокус, Визирь, Опус, Дар, Салют, Альянс, Брестский, Илим*); российской селекции (*Костанайский янтарь, Ручеек, ЛМ-98*);

украинской селекции (*Орфей*, *Півдінна ніч*); зарубежной селекции (*Bilton*, *Lirina*, *Bilstar*). Питомник был высеян на делянках 1 м^2 в 2-х кратной повторности. Посев осуществляли вручную рядовым способом с междурядьем 20 см, по периметру яруса высевали защитные рядки. В качестве стандарта использовали белорусский сорт *Салют* [3]. Почва опытного участка дерново-подзолистая, развивающаяся на среднем лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины ниже 1 м мореным суглинком. Предшественник – гречиха. Обработку почвы и внесение удобрений проводили согласно отраслевому регламенту по возделыванию льна масличного [4].

Для анатомического анализа образцов по каждому из них отбирали 10 стеблей типичных по толщине, длине и цвету. Анатомия стеблей изучалась на их поперечных срезах. Отрезок стебля 10 см отбирали на половине технической длины посередине междоузлия. Отобранные для анализа отрезки стеблей льна размягчались в течение двух-трех суток в смеси спирта, глицерина и воды, взятых в соотношении 1:1:1. Для исследований использовали микроскоп NICON с компьютерным анализатором.

Результаты исследований. Вегетационный период растений льна определяется, прежде всего, биологической особенностью сорта, а также зависит от погодных условий периода вегетации. Размах изменчивости по продолжительности вегетации у образцов составил 11 суток (варьирование в пределах 89–100 суток). Среди изучаемых сортообразцов достоверно меньший (НСР₀₅ 1,1–1,3) вегетационный период в сравнении с контрольным сортом *Салют* (93 сут.) имели образцы *Фокус*, *Півдіна ніч* (89 сут.), *Дар* (91 сут.). Достоверно большую, чем у сорта *Салют* длину вегетационного периода имели *Bilstar* и *Bilton* (99–100 сут.).

Большинство изучаемых образцов проявили высокую устойчивость к полеганию (средний балл по питомнику – 4,4). К устойчивым (балл 5,0) отнесли образцы *Altess*, *Онус*, *Илим*, *Дар*, *ЛМ-98*, *Bilstar* и *Bilton*. Урожайность семян варьировала в пределах 130–231 г/м². Лучшую урожайность в условиях года проявили *Костанайский январь* (231 г/м²), *Bilton* (207 г/м²), *Орфей* (179 г/м²), *Фокус* (178 г/м²). Масса 1000 семян сортообразцов варьировала от 5,83 г до 8,12 г. Высоким значением признака отличались сортообразцы *Altess* (8,12 г), *Півдіна ніч* (7,85 г), *Орфей* (7,14 г), *Дар* (7,00 г), *Фокус* (6,70 г), *Илим* (6,54 г).

Сорта льна масличного значительно различались по высоте растений, которая составила 52–72 см. Отмечены наиболее короткостебельные в сравнении с контролем (*Салют* – 62 см; НСР₀₅ 5,0–5,2) формы: *Альянс*, *Altess*, *Костанайский январь*, *Орфей* (рисунок 1).

Волокнистость льна зависит от толщины стебля. Диаметр стебля льна масличного, как правило, выше, чем у сортов льна-долгунца, что связано с видовыми особенностями. Среди изученных сортов самый тонкий стебель формировали белорусские сорта *Илим* (1,47 мм) и *Фокус* (1,49 мм), которые соответственно характеризовались и наименьшей площадью поперечного сечения (1,71 и 1,76 мм²) (таблица 1). Стебли наибольшей площади сечения формировали сорта из Нидерландов *Bilton* (4,53 мм²) и *Bilstar* (4,00 мм²).

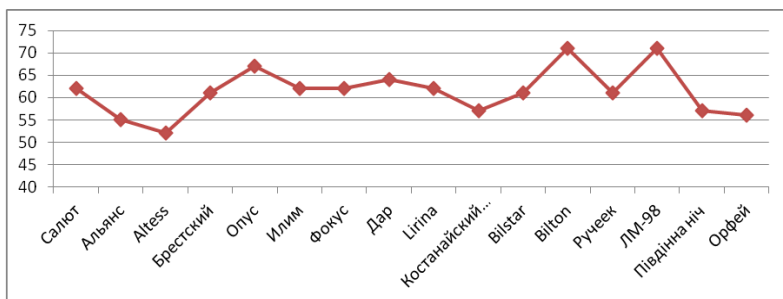


Рисунок 1 – Высота растений образцов льна масличного, см

Таблица 1 – Толщина и выполненность стебля сортов льна масличного (поперечное сечение)

Название	Диаметр стебля, мм	Площадь стебля, мм ²	Толщина стенки, мкм	Площадь выполненной части стебля, мм ²	Площадь центральной полосы, мм ²	Выполненность стебля, %
Фокус	1,49	1,76	423,59	1,42	0,34	81,55
Альянс	2,05	3,37	570,75	2,69	0,68	80,42
Дар	2,11	3,49	570,07	2,74	0,77	78,72
Салют	2,15	3,66	566,21	2,81	0,85	77,68
Илим	1,47	1,71	436,47	1,41	0,30	82,83
Опус	2,01	3,19	488,62	2,33	0,87	73,93
Брестский	2,09	3,46	564,71	2,72	0,74	78,90
Ручеек	2,18	3,78	563,91	2,90	0,89	76,67
Костанайский янтарь	1,88	2,91	499,55	2,24	0,67	78,94
ЛМ-98	1,69	2,27	447,03	1,75	0,53	77,68
Півдіна ніч	2,11	3,53	499,71	2,54	0,99	72,13
Орфей	2,15	3,63	434,15	2,34	1,29	64,37
Bilstar	2,25	4,00	610,06	3,14	0,87	79,01
Bilton	2,40	4,53	597,33	3,38	1,15	74,57
Altess	1,90	2,87	483,43	2,19	0,69	75,51
Lirina	1,82	2,59	476,81	2,00	0,59	77,42
<i>x±Sx</i>	<i>1,98±0,07</i>	<i>3,17±0,20</i>	<i>514,53±15,64</i>	<i>2,41±0,14</i>	<i>0,76±0,07</i>	<i>76,90±1,09</i>
<i>мин</i>	<i>1,47</i>	<i>1,71</i>	<i>423,59</i>	<i>1,41</i>	<i>0,30</i>	<i>64,37</i>
<i>макс</i>	<i>2,40</i>	<i>4,53</i>	<i>610,06</i>	<i>3,38</i>	<i>1,29</i>	<i>82,83</i>

Толщина стебля связана с волокнистостью. Стебель с диаметром меньше 1 мм и больше 2,5 мм не дает высокого содержания волокна. По мере увеличения диаметра количество элементарных волокон в стебле возрастает, достигая максимума при диаметре 2,5 мм. Но по мере дальнейшего увеличения толщины стебля выход волокна уменьшается, так как соотношение луба и древесины

изменяется в пользу древесины [5, 6]. При увеличении диаметра и длины стеблей уменьшается закостренность луба, но волокно получается грубое с повышенным одревеснением [7].

Кроме общей площади поперечного сечения стебля играет роль показатель выполненности соломины. Стебель льна масличного характеризуется большей центральной полостью в сравнении со льном-долгунцом. Такая структура стебля обеспечивает его устойчивость к полеганию и сказывается на разрывной нагрузке. Выполненность стебля в наших исследованиях колебалась от 64,37 % (*Орфей*) до 82,83 % (*Илим*). Как правило, большей площадью выполненной части стебля характеризовались сорта с большим диаметром стебля.

В селекции на продуктивность наибольшее значение имеют параметры фотосинтезирующей паренхимы (хлоренхимы). Наиболее развитой хлоренхимой характеризовались сорта *Altess* (71,7 мкм) и белорусские сорта *Фокус*, *Илим* и *Брестский*, у которых доля фотосинтезирующей паренхимы в поперечном сечении стебля составила 11–13 %. Наибольшую площадь хлоренхимы имели сорта *Altess*, *Салют*, *Брестский*, *Ручеёк* и *Bilton* (0,38–0,41 мм²), что может свидетельствовать о перспективности вовлечения их в рекомбинации как источников индивидуальной продуктивности растения.

Содержание волокна имеет тесную обратную связь с соотношением между лубом и древесиной. У сортов с более низким содержанием волокна содержание древесины больше, чем луба [8].

С одной стороны, развитые сосуды ксилемы обеспечивают снабжение надземных органов водой и минеральными веществами, что обеспечивает среднюю корреляцию ($r = 0,53$) показателя со степенью развития репродуктивных органов (количество коробочек и семян в них). С другой стороны, качество волокна ниже у тех сортов, стебли которых имеют большой диаметр элементарных волокон и повышенное содержание одревесневших волокон. Мощным развитием древесины характеризовались сорта *Дар*, *Ручеёк*, *Bilstar* и *Bilton* (1,11–1,26 мм²), а наименьшим – *Фокус* и *Илим* (0,48–0,49 мм²).

На общую продуктивность растения большее влияние оказывает развитие луба, чем древесины. Степень развития луба и его отношение к объему древесины являются качественными показателями, так как качество волокна определяется характером волокнистых пучков и диаметром элементарных волокон.

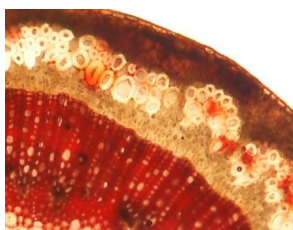
Качество льняного волокна зависит от формы и строения, как элементарных волоконцев, так и лубяных пучков [9]. Хорошее волокно имеют сорта, обладающие лубяными пучками правильной удлиненно-овальной или тангентальной формы с ровными краями. Сорта с крупными лубяными пучками округлой формы или с имеющимися неровными краями дают низкое по качеству волокно. У льна масличного волокнистые пучки, как правило, крупные неправильной формы. Среди изученных сортов наиболее оптимальные параметры пучков отмечены у сортов *Салют*, *Bilstar*, *Ручеёк*, *Lirina*, *Півдіна ніч* и *Альянс*. Однако рекомендовать вышеуказанные сорта как источники в селекции на качество волокна без анализа структуры элементарных волокон нельзя. Проведен анализ лубяных волокон (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика структурных элементов луба

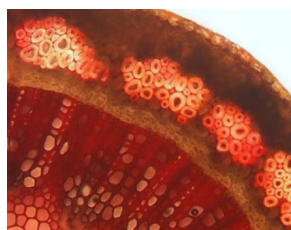
Название	Лубяные пучки			Элементарные (лубяные) волокна				
	количество, шт.	средняя площадь 1 пучка, мкм ²	общая площадь пучков, мм ²	количество в пучке, шт.	площадь сечения, мкм ²	просвет волокна, мкм ²	доля в лубе, %	доля в стебле, %
Фокус	23,1	6287,2	0,15	15,3	420,0	41,4	43,5	8,4
Альянс	32,8	11510,5	0,38	31,6	363,5	33,0	65,9	12,5
Дар	34,2	8649,0	0,30	30,7	281,0	16,1	49,1	8,4
Салют	35,0	7927,0	0,28	25,2	320,4	17,1	43,8	7,7
Илим	26,2	6759,3	0,18	22,4	302,5	29,4	35,8	10,6
Опус	33,0	8665,3	0,26	31,6	273,0	11,8	50,3	8,1
Брестский	32,8	9131,7	0,30	26,6	338,9	28,9	48,7	8,8
Ручеёк	28,5	14231,0	0,41	30,8	470,6	64,4	61,2	11,0
Костанайский янтарь	29,1	11176,4	0,33	29,5	378,3	66,2	59,4	12,3
ЛМ-98	24,5	7868,6	0,19	26,7	294,6	17,5	42,4	8,8
Півдіна ніч	29,6	8722,7	0,26	23,8	368,7	31,0	40,8	7,4
Орфей	24,5	5974,7	0,14	24,0	255,3	8,7	26,5	4,0
Bilstar	29,8	9237,0	0,28	23,1	422,9	24,9	40,2	7,2
Bilton	27,7	12966,8	0,36	29,8	436,7	51,0	43,7	7,9
Altess	26,3	7706,7	0,21	29,2	256,3	28,7	41,2	7,0
Lirina	26,8	7755,0	0,21	23,2	345,8	23,3	40,6	8,1
$x \pm Sx$	$29,0 \pm 0,92$	$9035,55 \pm 583,42$	$0,26 \pm 0,02$	$26,47 \pm 1,11$	$345,53 \pm 16,84$	$30,84 \pm 4,30$	$45,81 \pm 2,47$	$8,63 \pm 0,53$
мин	23,1	5974,7	0,1	15,3	255,3	8,7	26,5	4,0
макс	35,0	14231,0	0,4	31,6	470,6	66,3	65,9	12,5

Форма элементарных волокон в поперечном сечении бывает различной – от овальной до многоугольной. Волокна многоугольной формы плотнее соединены между собой, что обеспечивает механическую прочность волокнистых пучков. Хорошее волокно дают сорта, имеющие не крупные, но ровные по диаметру элементарные волокна граненой формы с толстыми стенками и небольшими просветами внутри. Расположение таких волокон в пучке плотное, а степень их одревеснения минимальная. Наиболее низкоструктурированное волокно формировали сорта *Костанайский янтарь* и *Ручеёк* – с просветом 66,2 и 64,4 мкм² (рисунок 2).

Количество пучков варьировало от 23 (*Фокус*) до 35 шт. (*Салют*), средней площадью 9036±583,42 мкм². Наиболее крупные пучки формировали сорта *Ручеёк* (14231,0 мкм²), *Bilton* (12966,8 мкм²), самые мелкие – сорта *Орфей* (5974,7 мкм²), *Фокус* (6287,2 мкм²) и *Илим* (6759,3 мкм²).



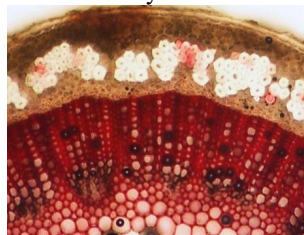
Костанайский янтарь



Ручеек



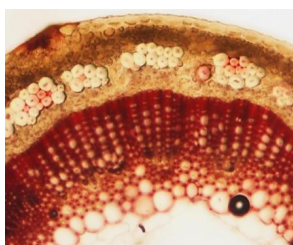
Опус



Брестский

Рисунок 2 – Сорты с различной структурой волокон

Общая площадь волокнистых пучков в среднем составила $0,26 \pm 0,02 \text{ мм}^2$. Наименьшей волокнистостью обладали сорта *Орфей*, *Илим*, *ЛМ-98* и *Фокус* ($0,14\text{--}0,19 \text{ мм}^2$) (рисунок 3).



Орфей



ЛМ 98

Рисунок 3 - Сорты с низкой волокнистостью стебля

Выводы

1. Проведенный анализ позволил выявить существенные различия изученных сортов по параметрам гистологической структуры стебля, а также выделить перспективные источники признаков для целевой селекции. Сорты с низкой волокнистостью (*Илим*, *Фокус*, *Орфей*, *ЛМ 98*) целесообразно использовать в качестве источников признаков в селекции льна масличного для создания отечественных конкурентоспособных сортов, наиболее пригодных для механизированной уборки путем прямого комбайнирования. При этом важно отметить, что *Илим* и *Фокус* сочетают низкую волокнистость с низким содержанием

древесины (0,48–0,49 мм²), что повышает их селекционную ценность. Однако слабое развитие хлоренхимы указывает на необходимость включения данных сортов в рекомбинации с высокопродуктивными образцами. Сорта *Орфей* и *ЛМ 98* формируют достаточно развитую древесину – 0,79 и 0,67 мм² (при лимитах по сортам 0,48–1,26 мм²), что снижает их значимость как источников признака.

2. Наличие достоверных сортовых отличий указывает на необходимость дальнейшей проработки данной проблемы с целью установления характера их наследования в реципрокных скрещиваниях. Анатомические параметры являются доступными для оценки на ранних этапах селекции, что свидетельствует о целесообразности их использования для ускорения сортосмены и повышения эффективности селекционной работы.

Литература

1. Лен масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки / Ф.М. Галкин [и др.]; под общ. ред. Н.И. Бочкарева ГНУ ВНИИМК им. В.С. Пустовойта. – Краснодар: ВНИИМК, 2008. – 192 с.
2. Научное обеспечение производства масличных культур в России / В.М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК, 2006. – 100 с.
3. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / под ред. канд. с.-х. наук В.З. Богдана. – Устье, 2011. – 11 с.
4. Отраслевой регламент (усовершенствованный). Возделывание льна масличного. Типовые технологические процессы. – Устье: РУП «Институт льна», 2015. – С. 19.
5. *Алфименков, П.* Выращивать хороший стебель льна / П. Алфименков // Лен и конопля. – 1936. – № 10. – С. 9–11.
6. *Таммес, Т.* Льняной стебель / Т. Таммес // Приложение к трудам 2-го Всероссийского съезда представителей льняного дела / Материалы по изучению свойств льняного волокна и др. лубяных волокон. – Москва, 1913. – С. 129–265.
7. *Лугин, В.Г.* Генотипическая вариабельность ультраструктуры элементарных волокон у льна-долгунца / В.Г. Лугин [и др.] // Молекулярная генетика, геномика и биотехнология: матер. междунауч. конф., Минск, 24–26 ноября 2004 г. / Институт генетики и цитологии НАН Беларуси; редкол.: Н.А. Картель [и др.]. – Минск, 2004. – С. 239–241
8. *Тихвинский, С.Ф.* К методике анатомических исследований стебля льна-долгунца / С.Ф. Тихвинский, В.Я. Тихомирова // Селекция, семеноводство, агротехника возделывания льна-долгунца: сб. науч. тр. ВНИИЛ. – Торжок, 1973. – Вып. 11. – С. 104–107.
9. *Тихвинский, С.Ф.* Производство льна / С.Ф. Тихвинский, А.Ф. Фролова. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1979. 166 с.

SELECTION OF THE INITIAL MATERIAL OF OIL FLAX BASED ON MORPHO-ANATOMIC PARAMETERS OF STALK FOR THE DEVELOPMENT OF NEW COMPETITIVE VARIETIES

E.L. Andronik, N.A. Duktova, E.V. Ivanova, M.E. Maslinskaya

The article analyzes histological elements of oil flax stalk; variability of these elements is evaluated. It's efficient to use stalk anatomic parameters as selection criteria in oil flax breeding for resistance to lodging and productivity.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ПРИ ОТБОРЕ ГИБРИДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА РАННИХ ЭТАПАХ СЕЛЕКЦИИ

С.А. Иванов

РУП «Институт льна»

(Поступила 01.04.2020)

Рецензент: Позняк Е.И., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** В статье приводятся результаты применения многокритериального метода оценки на ранних этапах селекции льна-долгунца с целью оптимизации селекционного процесса на примере выбраковки гибридов второго поколения, полученных по схеме полных диаллельных скрещиваний. Приведены результаты всесторонней оценки 439 растений. Установлено, что наилучшие показатели интегральной оценки (от -11,3 до -6,1) принадлежат образцам, которые получены в результате скрещиваний Ярок х Смена и Ярок х Лидер.*

Введение. Культивируемый с древнейших времен на территории Беларуси лен-долгунец и сегодня не утратил национального значения, являясь культурой комплексного использования. Поэтому льноводство можно отнести к числу приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса. Важность льноводства состоит в гарантированности валютных поступлений при условии эффективного и интенсивного ведения отрасли, а так же в реализации экспортных возможностей страны [1]. На современном этапе развития сельского хозяйства при широком внедрении новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур значительно возросла роль сорта. Сорт льна-долгунца в современных условиях является наименее затратным средством повышения урожайности и качества льнопродукции, что определяет конкурентоспособность продукции и рентабельность отрасли [2].

Селекция любой сельскохозяйственной культуры – это очень сложный и трудоемкий процесс. В современных селекционных программах учитывают множество показателей, характеризующих урожайность, качество продукции, устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Проблема оценки исходного материала связана с его изменчивостью под влиянием условий внешней среды, что затрудняет поиск ценных форм. В настоящее время селекция льна-долгунца ориентирована на повышение устойчивости сортов к биотическим и абиотическим факторам внешней среды при высоком уровне продуктивности и качестве льносырья. Основным методом создания нового исходного материала по-прежнему остается метод внутривидовой гибридизации, который позволяет рекомбинировать ценные признаки, имеющиеся у скрещиваемых родительских форм [3].

Выбор перспективной селекционной линии или сорта осложняется необходимостью оценивать образцы по множеству качественных и количественных

признаков одновременно. По мере прохождения гибридного материала в селекционном процессе от его начала до завершения число селекционных номеров последовательно уменьшается от нескольких тысяч до нескольких образцов, выпускаемых в качестве перспективных форм. Интенсивность работы с материалом последовательно усиливается, становится все более полной и всесторонней [4].

Выявление уникальных форм зачастую ведется отдельно по каждому признаку, однако такой подход не позволяет учитывать одновременно всю их совокупность. Поэтому для разработки селекционных методов многомерного анализа экспериментальных данных появилась необходимость применения феноменологического подхода, предполагающего использование математической статистики, теории принятия решений и других разделов прикладной математики с компьютерной обработкой данных. С.П. Мартыновым [5] разработан метод многокритериального выбора, где он использовал теорию полезности, которая является основой для принятия решений. Он был использован автором в 80-е годы на пшенице, однако в то время не получил распространения среди селекционеров, вероятно, из-за отсутствия компьютеров и программ к ним. В настоящее время данный метод уже используется в селекционных программах, как у перекрестно, так и самоопыляющихся культур [4, 6].

В целом компьютеризация селекционного процесса значительно повысила результативность и уменьшила трудоемкость селекционных циклов путем оптимизации проработки материала на всех этапах и диагностики лучших комбинаций, линий и родительских форм к середине цикла, что позволяет поддерживать селекционный процесс в состоянии, обеспечивающем возможность постоянной оптимизации [7].

Материалы, методы и условия проведения исследований. Исследования по отбору гибридного материала льна-долгунца на ранних этапах селекции при использовании метода многокритериальной оценки проводили в 2013–2015 гг. в селекционном севообороте РУП «Институт льна» Оршанского района, Витебской области в соответствии с методическими указаниями [8].


При проведении скрещиваний подбор родительских пар проходил таким образом, чтобы и материнский и отцовский компоненты скрещивания представляли собой источники тех или иных хозяйственно ценных признаков, по которым в дальнейшем будет вестись оценка и отбор гибридов [9].

Для создания нового исходного материала методом внутривидовой гибридизации была разработана схема полных диаллельных скрещиваний, где в качестве родительских компонентов использовали следующие сорта льна-долгунца: *Рушничок*, *Смена*, *Лидер*, *Персей*, *Мираж*, *Факел*, *Ярок* (таблица 1).

В общей сложности всесторонне было оценено 439 растений, из которых 383 составляли гибриды и 56 родительские формы и контроль.

Необходимым условием многокритериальной оценки по какому-либо направлению селекции является определение значимости вкладов (p_k) в интегральную оценку. Исходя из важности того или иного признака, мы устанавливали значение каждого признака или группы признаков в процентах. При этом суммарный результат должен равняться 100%.

Таблица 1 – Номер гибридной комбинации по схеме полных диаллельных скрещиваний, 2013 г.

 ♂	Рушничок	Смена	Лидер	Персей	Мираж	Факел	Ярок
Рушничок		17	18	19	20	21	22
Смена	23		24	25	26	27	28
Лидер	29	30		31	32	33	34
Персей	35	36	37		38	39	40
Мираж	41	42	43	44		45	46
Факел	47	48	49	50	51		52
Ярок	53	54	55	56	57	58	

Полученные гибридные растения анализировали по семи признакам: общая высота, техническая длина, количество коробочек, количество семян, масса соломки, масса волокна, процентный выход волокна. При этом при выборке мы ориентировались на получение растений с большим процентом выхода волокна и высоким показателем технической длины. Все показатели разбили на группы со следующими процентами вкладов:

1. Процентный выход волокна (ВВ) и техническая длина (ТД) – 60 %;
2. Общая высота (ОВ), масса соломки (МС) и масса волокна (МВ) – 30 %;
3. Количество коробочек (КК) и количество семян (КС) – 10 %.

Весовые коэффициенты рассчитывали по формуле: $w_i = p_k \times N/n_k$,

где w_i – весовой коэффициент; p_k – заданный вклад k -й группы в интегральную оценку линии; N – общее число признаков; n_k – число признаков в k -й группе.

Для интегральной оценки использовали формулу: $SD = \sum w_i(x_m - x_i)/s_i$,

где SD – интегральная оценка; x_m – желательный уровень i -го признака; X_i – фактические значения i -го признака у линии; s_i – стандартное отклонение [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Используя вышеуказанные признаки, включив их в программу, мы провели комплексную оценку полученных гибридных растений льна-долгунца. Распределение образцов осуществлялось относительно установленной нами модели сорта (таблица 2). Можно использовать при расчетах контроль или любые желаемые показатели при увеличении или уменьшении которых будет получена оценка относительно заданных идеалов. Наилучшим считается образец с более низкой интегральной оценкой. Для удобства и наглядности в данной статье мы представили контрастные образцы с варьированием интегральной оценки от -11,3 до +11,7.

Таким образом, при применении многокритериального метода оценки гибридного материала мы видим, что наилучшие показатели интегральной оценки принадлежат образцам полученных в результате скрещиваний *Ярок* х *Смена* (комбинация № 54) и *Ярок* х *Лидер* (№ 55). Гибридные растения, полученные в результате скрещивания данных родительских пар, имели интегральную оценку в диапазоне от -11,3 до -6,1, и совмещали наилучшие показатели

Таблица 2 – Матрица данных, весовые коэффициенты, заданный идеал и интегральные оценки гибридов F₂ (2015 г.)

№ образца	№ комбинации	ОВ, см	ТД, см	КК, шт.	КС, шт.	МС, мг	МВ, мг	ВВ, %	Интегральная оценка
1	55	83,0	70,0	7,0	26,0	740,0	220,0	29,7	-11,3
2	54	86,0	78,0	3,0	27,0	460,0	130,0	28,3	-9,9
3	55	83,0	71,0	6,0	28,0	600,0	176,0	29,3	-9,3
4	55	80,0	70,0	8,0	26,0	580,0	175,0	30,2	-9,0
5	55	82,0	74,0	3,0	19,0	520,0	151,0	29,0	-8,3
6	55	82,0	73,0	5,0	42,0	530,0	149,0	28,1	-8,3
7	55	81,0	74,0	4,0	32,0	440,0	127,0	28,9	-7,4
8	55	80,0	72,0	3,0	24,0	450,0	138,0	30,7	-7,4
9	55	81,0	69,0	6,0	47,0	520,0	147,0	28,3	-6,3
10	54	80,0	72,0	3,0	27,0	400,0	120,0	30,0	-6,1
11	17	68,0	60,0	5,0	30,0	470,0	93,0	19,8	9,0
12	17	69,0	59,0	5,0	43,0	380,0	80,0	21,1	9,1
13	17	68,0	56,0	5,0	40,0	410,0	94,0	22,9	9,1
14	17	67,0	57,0	6,0	35,0	430,0	93,0	21,6	9,5
15	17	68,0	61,0	4,0	32,0	380,0	75,0	19,7	9,8
16	23	68,0	63,0	2,0	18,0	270,0	57,0	21,1	9,9
17	20	68,0	64,0	2,0	20,0	260,0	53,0	20,4	10,0
18	17	64,0	60,0	2,0	12,0	260,0	62,0	23,9	10,4
19	20	68,0	62,0	3,0	28,0	290,0	55,0	19,0	11,3
20	17	67,0	61,0	2,0	12,0	260,0	54,0	20,8	11,7
Стандартное отклонение		4,04	3,97	1,72	12,45	96,14	25,98	3,07	
Весовой коэффициент		0,70	2,10	0,35	0,35	0,70	0,70	2,10	
Модель (идеал) сорта		80,0	66,0	5,0	50,0	450,0	110,0	24,0	

технической длины и процентного выхода волокна. В то же время интегральная оценка образцов, полученных при скрещивании *Рушничок* x *Смена* (№ 17), *Смена* x *Рушничок* (№ 23), *Рушничок* x *Мираж* (№ 20) варьировала от 9,0 до 11,7, и интересующие нас показатели были ниже, чем у модели сорта. Интегральная оценка у остальных образцов находилась в интервале от -5,5 до +8,9.

Основной задачей селекции льна-долгунца является создание и внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов, обладающих полным комплексом хозяйственно полезных признаков и свойств, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности. Наряду с этим, большое значение уделяется продолжитель-

ности вегетационного периода культуры. Н.И. Вавилов писал: «вопрос о вегетационном периоде является капитальным разделом селекции, ибо он неразрывно связан со многими свойствами. Удлинение или укорачивание вегетационного периода сопровождается изменением химизма растений, его отношения к заболеваниям, нередко меняется сам облик растения» [10]. Поэтому создание высокопродуктивных, раннеспелых сортов льна-долгунца, не уступающих контролю по комплексу хозяйственно полезных признаков, является важной задачей селекции культуры. Так как при выращивании таких сортов удается избежать проблем, возникающих в ходе вылежки льнотресты [11]. Поэтому была проведена сравнительная оценка гибридных образцов, имеющих такую же продолжительность вегетационного периода, как и раннеспелый контрольный сорт белорусской селекции *Ярок*, по интересующим нас признакам (таблица 3).

Таблица 3 – Матрица данных, весовые коэффициенты, заданный идеал и интегральные оценки раннеспелых гибридов F₂, 2015 г.

№ образца	ОВ, см	ТД, см	КК, шт.	КС, шт.	МС, мг	МВ, мг	ВВ, %	Интегральная оценка
1	83,0	70,0	7,0	26,0	740,0	220,0	29,7	-11,3
2	86,0	78,0	3,0	27,0	460,0	130,0	28,3	-9,9
3	83,0	71,0	6,0	28,0	600,0	176,0	29,3	-9,3
4	80,0	70,0	8,0	26,0	580,0	175,0	30,2	-9,0
5	82,0	74,0	3,0	19,0	520,0	151,0	29,0	-8,3
6	82,0	73,0	5,0	42,0	530,0	149,0	28,1	-8,3
7	81,0	74,0	4,0	32,0	440,0	127,0	28,9	-7,4
8	80,0	72,0	3,0	24,0	450,0	138,0	30,7	-7,4
9	81,0	69,0	6,0	47,0	520,0	147,0	28,3	-6,3
10	80,0	72,0	3,0	27,0	400,0	120,0	30,0	-6,1
11	77,0	69,0	4,0	31,0	510,0	150,0	29,4	-5,5
12	81,0	71,0	9,0	48,0	670,0	150,0	22,4	-5,2
13	75,0	69,0	3,0	26,0	440,0	135,0	30,7	-4,8
14	79,0	70,0	5,0	38,0	420,0	120,0	28,6	-4,8
15	81,0	70,0	6,0	52,0	610,0	147,0	24,1	-4,8
16	75,0	68,0	3,0	27,0	440,0	136,0	30,9	-4,5
17	81,0	74,0	3,0	23,0	410,0	107,0	26,1	-4,3
18	83,0	76,0	2,0	18,0	430,0	105,0	24,4	-4,3
19	80,0	72,0	5,0	41,0	500,0	124,0	24,8	-4,2
Ярок (контроль)	76,4	68,8	3,0	24,0	435,6	134,5	29,7	-4,2
Стандартное отклонение	4,04	3,97	1,72	12,45	96,14	25,98	3,07	
Весовой коэффициент	0,70	2,10	0,35	0,35	0,70	0,70	2,10	
Модель (идеал) сорта	80,00	66,00	5,00	50,00	450,00	110,00	24,00	

Как видно из полученных результатов, интегральная оценка сорта *Ярок* составила -4,2. Величина данного показателя у 19 образцов была существенно ниже или находилась на уровне контроля. Поэтому при отборе по интересующим нас признакам этим образцам следует уделить пристальное внимание, так как они в большей степени отвечают требованиям селекционных программ.

Заключение

Применение многокритериального метода на начальных этапах селекции дает возможность без лишних затрат времени и ресурсов провести выбраковку худших образцов по интересующим нас признакам, и отобрать перспективный гибридный материал для включения его в дальнейший селекционный процесс. При этом селекция может вестись как по определенным признакам (устойчивость к полеганию, урожайность семян или волокна и т.д.), так и по их комплексу.

Литература

1. Павлова, Л.Н. Современное состояние, направления и перспективы развития селекции льна-долгунца во ВНИИЛ / Л.Н. Павлова, Е.Г. Герасимова, В.Н. Румянцев // Лен – стратегическая культура XXI века: матер. II межд. науч.-практ. конф., посв. 105-летию образования ФГБНУ «Псковский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Псков, 2–4 июля 2015 г. / Псковский НИИСХ. – М., 2015. – С. 87-90.
2. Хамутовский, П.Р. Сорт – основа повышения эффективности льноводства / П.Р. Хамутовский, Е.М. Хамутовская, Д.В. Балашенко // Земледелие и защита растений. Приложение №4. – 2017. – С. 16–18.
3. Павлова, Л.Н. Этапы развития селекционной работы по льну-долгунцу: достижения и основные направления / Л.Н. Павлова // Научные достижения льноводству: основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу: материалы межд. науч.-практ. конф., посв. 80-летию образования ВНИИЛ, Торжок, 10-12 октября 2010 / ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии. – Торжок, 2010. – С. 39–45.
4. Бутовец, Е.С. Многокритериальная оценка сортов сои на заключительном этапе селекции / Е.С. Бутовец // Дальневосточный аграрный вестник. – 2015. – № 2(34). – С. 13–16.
5. Мартынов, С.П. Метод многокритериального выбора на заключительном этапе селекции растений / С.П. Мартынов // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 6. – С. 122–124.
6. Подбор исходного материала для различных направлений селекции кукурузы на основе многокритериальной оценки / Г.Я. Кривошеев [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 3 (63). – С. 44–47.
7. Кадыров, А.М. Селекционный процесс как объект оптимизационных исследований: идеи, реализация, приоритеты / А.М. Кадыров. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 219 с.
8. Методические указания по селекции льна-долгунца. — Москва, 2004. – 44 с.
9. Рogaш, А.Р. Создание высоковолокнистых источников для селекции льна-долгунца / А.Р. Рogaш // Селекция, семеноводство и агротехника возделывания льна долгунца : сб. науч. тр. – Торжок, 1988. – Вып. 25. – С. 46–48.
10. Вавилов, Н.И. Пути советской селекции / Н.И. Вавилов // Избранные сочинения, генетика и селекция. – М., 1966. – С. 134–163.
11. Богдан, В.З. Создание и изучение исходного материала льна-долгунца для селекции сортов раннеспелой биологической группы : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / В.З. Богдан. – Жодино, 2002. – 116 с.

USE OF A MULTI-CRITERIA EVALUATION METHOD WHEN SELECTING HYBRID MATERIAL OF FIBRE FLAX AT EARLY STAGES OF BREEDING

S.A.Ivanov

The article demonstrates the results of the use of a multi-criteria evaluation method at different stages of fibre flax breeding for optimizing the breeding process on the example of culling of the second generation hybrids obtained according to the full diallel mating design. The results of the comprehensive assessment of 439 plants are presented. It's established that the best integrated assessment indicators are obtained due to the following crosses: Yarok x Smena and Yarok x Lider.

УДК 633.521:631.527

ПОЛИМОРФИЗМ ПО ОКРАСКЕ ЦВЕТКА У ОБРАЗЦОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНОПРОДУКЦИИ

М.А. Литарная, кандидат с.-х. наук

РУП «Институт льна»

(Поступила 12.03.2020)

Рецензент: канд. с.-х. наук И.С. Матыс

***Аннотация.** Представлены результаты изучения сравнительной характеристики по формированию показателей урожайности соломы, тресты, волокна и семян у образцов льна-долгунца в зависимости от полиморфизма по окраске венчика. Показано, что образцы с белой окраской венчика различного происхождения уступают по комплексу хозяйственно ценных признаков синецветковым образцам, отселектированным в Беларуси и в Украине, что затрудняет использование окраски венчика в качестве маркерного признака в селекционном процессе.*

Лен-долгунец – единственный источник натурального сырья для текстильной промышленности в Беларуси. Доля тканей изо льна для технических целей в западноевропейских странах составляет около 4 %, в то время как в восточноевропейских – 45 % [1]. Поскольку лен – традиционная для Беларуси культура, а отрасль – окупаемая, то льноводство относится к числу приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса. Дальнейшее развитие льноводства зависит от возможностей увеличения производства конкурентно-способной продукции льна, которое во многом определяется качеством получаемого льноволокна. Особенно, если учесть что в настоящее время Беларусь занимает второе место в мире по площади возделывания прядильного льна после Франции.

В последние годы посевные площади льна-долгунца в Республике Беларусь стабилизировались на уровне 47–50 тыс. га. По данным 2012 г. сорта отечественной селекции в структуре посевов занимали 60,4 % от общей площади

посевов. В 2018 г. их удельная доля в сортовой структуре посевов льна-долгунца в Беларуси увеличилась до 79 % [2].

Основная задача возделывания льна-долгунца – получение высококачественной продукции льноволокна в достаточном объеме. В решении этой задачи особое внимание уделяется созданию новых сортов, обладающих высокой продуктивностью и качеством волокна, где определяющее значение имеет многообразие исходного материала. Сосредоточением потенциала ценных генов для создания новых сортов является генетический фонд льна-долгунца РУП «Институт льна», который в настоящее время насчитывает 608 образцов различного эколого-географического происхождения. Ежегодно генетический фонд льна пополняется новыми генотипами, а выделенные источники ценных признаков используются в селекционном процессе. Образцы, находящиеся на хранении, как в институте, так и Национальном банке семян генетических ресурсов хозяйственно полезных растений нашей страны различаются не только по наличию тех или иных хозяйственно ценных признаков, но и фенотипически (от белой окраски венчика до фиолетовой).

Цвет структурных элементов растения определяется наличием или отсутствием различных пигментов: флавоноидов, каротиноидов, хлорофиллов и меланинов. У льна в формировании окраски цветков и семян участвуют в основном флавоноиды – антоцианидины, флавонолы и флавоны [3]. В соответствии с Международным классификатором СЭВ у льна различают белую, светло-синюю, синюю, розовую, красно-фиолетовую и фиолетовую окраску венчика [4]. Несмотря на то, что белорусскими учеными-селекционерами были созданы такие высокопродуктивные белоцветковые сорта льна-долгунца как *Форт*, *Белита*, *Велич*, *Грот*, в настоящее время перечисленных сортов в производстве нет. Все отечественные сорта льна-долгунца, включенные в Государственный реестр, обладает синей окраской венчика. Поэтому возникает вопрос о значимости белоцветковых форм льна в селекционном процессе.

Исходный материал, условия и методика исследований. Исследования проводились в 2011–2013 гг. Питомник изучения исходного материала льна-долгунца размещался в селекционном севообороте РУП «Институт льна».

Почва опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком, среднеобеспеченная по содержанию основных элементов питания и гумуса. Содержание подвижных форм фосфора и обменного калия по годам исследований колебалось в пределах 168–248 мг/кг почвы и 158–219 мг/кг почвы соответственно, содержание гумуса 1,75–1,90%, рН (KCl) – 5,2–5,9. В качестве предшествующей культуры использовали озимые зерновые.

Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались различным температурным режимом, значительной периодичностью и характером выпадения осадков: гидротермический коэффициент (ГТК) вегетационного периода 2011 г. составил 1,41 (влажный), 2012 г. – 1,24 (слабо засушливый), 2013 г. – 0,92 (засушливый), что позволило объективно дать оценку исходного материала по комплексу хозяйственно ценных признаков [5].

Закладка опытов, проведение учетов и наблюдений проводились в соответствии с методическими указаниями по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) [6], методике по испытанию сортов на ООС [7] и классификатору льна (*Linum usitatissimum* L.) [8]. Для идентификации образцов по фенотипическим признакам (окраска, размер, форма лепестков, тип коробочки, точечность чашелистика и др.) отдельной группой были высеяны сорта-эталоны. Для льна-долгунца это сорта *Новоторжский*, *Белочка*, *Томский 16*, *Торжокский 4*, *Marina*, *Belinka*, *Viola*, *Regina*, *Opaline*, *Ariane*, *Viking*.

Результаты и обсуждение. В результате оценки морфологических признаков 57 образцов льна-долгунца различного эколого-географического происхождения установлен полиморфизм не только по окраске лепестков в стадии бутона и при полном развитии цветка, тычиночной нити у вершины, пыльника, основания пестика, но и семян. Четвертая часть из 57 проанализированных нами образцов отличалась по окраске венчика – 14 образцов или 24,6 % (рисунок 1) [9].



Рисунок 1 – Полиморфизм по окраске венчика при полном развитии у образцов коллекции льна-долгунца

Располагая огромным фенотипическим и морфологическим разнообразием образцов льна-долгунца в генофонде культуры, возникает вопрос о том, влияет ли окраска венчика на формирование хозяйственно ценных признаков. Для объективной оценки анализируемых образцов были сформированы равновеликие группы в зависимости от окраски венчика и эколого-географического происхождения (таблица 1). В связи с тем, что белоцветковых сортов создается намного меньше, чем синецветковых, выделенная группа с белой окраской венчика объединила в себе образцы льна-долгунца различного происхождения.

Таблица 1 – Дифференциация образцов коллекции по группам в зависимости от окраски венчика при полном развитии

Окраска венчика	Образец
Белая	Г-1555-4-13, ГДС-3 (Россия), Глазурь (Украина), Sebeco 7411 NL, № 881 Concurent (Нидерланды), Ottava 770 B See (Канада), Rastatter-239 (Германия)
Синяя	Ярок, Алей, Могилевский, Т-1340, Веста, Гамма, Оршанский 2 (Беларусь)
Синяя	Український ранній, Глухівський ювілейний, Гліну́м, Гладіатор, Мрія, Польський 5, Закарпатський місцевій, Блакітний (Украина)

Многие проблемы повышения продуктивности хозяйственно полезных признаков льна-долгунца можно было бы решить с помощью признаков-маркеров, в частности окраска венчика при полном развитии цветка. В результате сравнения группы белоцветковых образцов с равновеликими группами синецветковых, имеющих белорусское и украинское происхождение, на рисунке 2 видно, что направленный отбор по окраске венчика сможет обеспечить положительный эффект по продуктивности с единицы площади. Так, средняя продуктивность льносолемы и тресты у синецветковых образцов имела тенденцию к увеличению в среднем за три года по сравнению с белоцветковыми. По продуктивности семян наблюдалась аналогичная ситуация.

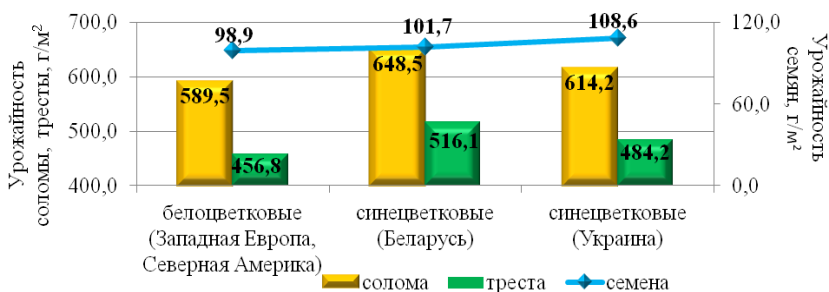


Рисунок 2 – Формирование показателей продуктивности у синецветковых и белоцветковых образцов льна-долгунца различного эколого-географического происхождения

Среди синецветковых образцов отечественной селекции по урожайности тресты выделились *Ярок* (566,7 г/м²), *Алей* (556,3 г/м²), *Гамма* (544,4 г/м²), *Могилевский* (534,4 г/м²) и *Веста* (531,1 г/м²), из украинских – *Гліну́м* (585,6 г/м²), *Поліський 5* (565,6 г/м²), *Мрія* (553,3 г/м²). Следует отметить, что образцы *Rastatter-239* (Германия) и *Глазур* (Украина) с белой окраской венчика также способны формировать высокие показатели урожайности тресты – 586,1 г/м² и 562,2 г/м².

Наибольшая продуктивность семян наблюдалась у синецветковых образцов *Алей*, *T-1340* (Беларусь) и *Блакитный*, *Закарпатья́ський місцевий* (Украина) и составила 116,2 г/м², 120,2 г/м², 130,4 г/м², 148,3 г/м² соответственно. Урожайность семян у белоцветковых образцов в среднем за годы изучения варьировала от 91,1 г/м² (*Глазур*) до 106,5 г/м² (*ГДС-3*).

Одной из наиболее важных характеристик образцов льна-долгунца является урожайность общего и длинного волокна, а также его содержание. Средняя урожайность общего и длинного волокна в группе белоцветковых образцов составила 124,9 г/м² и 96,2 г/м², в то время как образцы отечественной селекции обеспечивали получение общего и длинного волокна на уровне 153,2 г/м² и 123,8 г/м² (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика образцов по признакам урожайности и содержания волокна (среднее за 2011–2013 гг.)

Образец	Урожайность волокна, г/м ²		Содержание волокна, %	
	общего	длинного	общего	длинного
Cebeco 7411 NL	123,5	92,2	26,0	19,5
№ 881 Concurrent	86,0	65,0	25,4	19,0
Ottava 770 B See	106,0	80,6	26,6	20,1
Rastatter-239	161,5	121,1	27,7	20,6
Г-1555-4-13	137,2	112,2	30,6	25,0
ГДС-3	98,0	69,4	25,0	18,2
Глазур	161,9	132,8	28,8	23,6
Алей	167,4	132,4	29,9	23,6
Веста	182,4	158,3	33,9	29,0
Среднее по группе бело-цветковых образцов	124,9	96,2	27,1	20,8
Гамма	162,1	132,8	29,8	24,2
Могилевский	153,9	119,3	28,9	22,4
Оршанский 2	113,5	91,5	24,6	19,8
Т-1340	108,7	77,2	26,0	18,8
Ярок	184,7	155,4	32,3	27,2
Среднее по группе синецветковых образцов бело-русской селекции	153,2	123,8	29,3	23,6
Блакiтний	107,5	77,2	27,1	20,0
Гладiатор	146,2	114,4	28,7	22,6
Глiнум	192,3	165,6	32,7	28,2
Глухiвськiй юбiлейний	139,4	106,7	28,5	22,0
Закарпатськiй мiсцевий	91,9	71,1	25,2	19,6
Мрiя	147,2	117,2	26,6	21,1
Полiськiй 5	138,5	113,9	24,5	20,0
Українськiй раннiй	125,5	95,0	29,3	22,5
Среднее по группе синецветковых образцов украинской селекции	136,1	107,6	27,8	22,0

Анализ по урожайности общего и длинного волокна показал, что образцы *Алей*, *Веста*, *Гамма*, *Могилевский* и *Ярок* отечественной селекции способны формировать высокие показатели. В то время как в группе украинских образцов только *Глiнум* способен обеспечить получение общего и длинного волокна более 150,0 г/м² и 120,0 г/м².

По содержанию общего (более 30,0 %) и длинного (более 25 %) волокна в тресте было выделено всего четыре образца, среди которых только один с белой окраской венчика (*Rastatter-239*). При этом содержание общего и длинного волокна синецветковых образцов *Ярок*, *Глiнум* и *Веста* варьировало от 32,3 % до 33,9 % и 27,2 % до 29,0 % соответственно.

В результате проведенного анализа образцов различного эколого-географического происхождения, имеющих белую и синюю окраску венчика,

по комплексу хозяйственно ценных признаков в селекции на продуктивность предпочтение следует отдавать синецветковым формам льна из представленного генофонда.

Выводы

1. При изучении коллекции льна-долгунца в период с 2011 г. по 2013 г., состоящей из 57 образцов различного эколого-географического происхождения, установлен полиморфизм не только по окраске лепестков в стадии бутона и при полном развитии цветка, но и по окраске тычиночной нити у вершины, пыльника, основания пестика и семян. Четвертая часть от числа анализируемых образцов отличалась по окраске венчика – 14 образцов (24,6 %).

2. Сравнение белоцветковых образцов с равновеликими группами синецветковых, имеющих белорусское и украинское происхождение в изученной коллекции льна-долгунца, не позволяет дать положительный прогноз на то, что отбор по окраске венчика обеспечивает положительный эффект по комплексу хозяйственно полезных признаков.

3. Следует отметить, что исключать белоцветковые формы из генофонда культуры нельзя, так как отдельные генотипы обладают не только высокими показателями продуктивности, но и качества и успешно используются в селекционном процессе как источники и доноры признаков при создании новых конкурентоспособных сортов льна-долгунца.

Литература

1. Козлов, А.А. Особенности рынка сельскохозяйственного сырья для легкой промышленности России / А.А. Козлов, О.Н. Салагин, В.В. Котилко // Государственный советник. – 2015. – № 2. – С. 53-65.

2. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур по областям [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 09.03.2018.

3. Пороховинова, Е.А. Генетическая коллекция льна (*LINUM USITATISSIMUM L.*): создание, анализ и перспективы использования: дис. ... д-ра. биол. наук : 03.02.07, 06.01.05 / Е.А. Пороховинова ; ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова». – СПб, 2019. – 370 с.

4. Широкий унифицированный классификатор СЭВ вида *Linum usitatissimum L.* (лен). – Ленинград, 1987.

5. Агрометеорологический бюллетень // ГУ «Республ. гидрометеорологический центр» ; под ред. Н.В. Мельчакова. – Минск. – 2011–2013 гг.

6. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum L.*) / В. З. Богдан [и др.]. – РУП «Институт льна». – Устье, 2011. – 13 с.

7. Методика по испытанию сортов растений на отличимость, однородность и стабильность / отв. ред. А.М. Старовойтов. – Минск : ГУ «Гос. инсп. по испыт. и охр. сортов раст.», 2004. – 274 с.

8. Богдан, В.З. Классификатор вида *Linum usitatissimum L.* (лен) / В.З. Богдан [и др.] – Устье, 2012. – 16 с.

9. Литарная, М.А. О фенотипической неоднородности генеративных органов у образцов коллекционного питомника льна-долгунца / М. А. Литарная // Земледелие и селекция Беларуси : сб. научн. тр. / Науч.-практ. цент НАН Беларуси по землед. ; редкол.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – Вып. 53. – С. 330–335.

**FLOWER COLOR POLYMORPHISM OF FIBRE FLAX ACCESSIONS AND
ITS USE IN BREEDING FOR FLAX PRODUCTIVITY**

M. A. Litarnaya

The paper presents the results of the research on comparative analysis of formation of indicators of the yield of straw, flax retted stalks and seeds of flax accessions, depending on corolla color polymorphism. It is shown that accessions with a white color of corolla of different origin are inferior in terms of a set of economically valuable traits to blue-colored accessions selected in Belarus and Ukraine, which makes it difficult to use corolla color as a marking trait in breeding process.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Андроник Е.Л.	405
Анисимова Н.В.	379
Антонюк А.С.	160
Аргюх Д.Ю.	283
Байструк-Глодан Л.З.	394
Бандарчук В.А.	300
Барыгина И.М.	268
Безлюдный В.Н.	252, 319
Берестов И.И.	252
Бирюкович А.Л.	235
Блохина И.Н.	144
Боровик А.А.	50
Бородько А.А.	124
Бруй И.Г.	90, 99
Будевич Г.В.	75, 99, 327
Булавин Л.А.	4, 208
Булавина Т.М.	132, 201
Буштевич В.Н.	194, 300, 319, 327
Васько П.П.	116, 400
Вильдфлуш И.Р.	180
Власов А.Г.	132, 201
Войтка Д.В.	66
Гапонюк А.Н.	160
Гвоздов А.П.	208
Гордей С.И.	283, 327
Горовая М.М.	283
Гриб С.И.	276, 300, 327
Грибанов Л.Н.	4
Гринь В.В.	379
Долгова Е.Л.	252
Дробудько И.Е.	194
Дуктова Н.А.	405
Емелин В.А.	260
Ермоленко Н.Л.	306, 388
Зубкович А.А.	174
Иванов С.А.	412
Иванова Е.В.	405
Исаченко С.А.	174
Кадырова М.В.	306
Кильчевский А.В.	379
Кишко Р.Д.	50
Клочкова О.В.	90, 99
Клыга Е.Р.	116
Козловская З.Г.	400
Козловский А.А.	360, 367, 379
Кошевой П.О.	343
Кравцов В.И.	352
Кристова Н.В.	139
Крицкая В.В.	50
Крицкий М.Н.	380

Куделко В.Н.	343
Кукшинов П.Г.	187
Куликович Е.Н.	306, 388
Купцов Н.С.	367
Куркина Г.Н.	39, 151
Куцев Д.Н.	208
Куцева В.Н.	4
Ленский А.В.	4
Литарная М.А.	418
Лужинская Н.А.	343
Лукашевич Т.Н.	167
Лукьянюк Н.А.	17, 28
Маслинская М.Е.	405
Матыс И.С.	276
Махлай Н.П.	4
Мельниченко А.В.	338
Мельничук К.Г.	283
Мядель О.В.	83
Наумович И.М.	167, 244
Нехведович С.И.	66
Пастушок Р.Т.	235
Пилок Я.Э.	167, 224
Позняк Е.И.	300
Привалов Ф.И.	276
Пынтиков С.А.	208
Ровдо Т.В.	283
Рыжков С.Н.	187
Сафронова Г.В.	167
Сацюк И.В.	327
Седукова Г.В.	139, 174
Синица И.Н.	388
Скируха А.Ч.	4
Снежинский А.А.	109
Соловей Ю.С.	283
Сорока А.В.	160
Степанова Н.В.	11
Столепченко В.А.	400
Сысолятин Е.Н.	379
Терлецкая Н.Ф.	160
Титова Я.А.	343
Трушко А.А.	311
Урбан Э.П.	283
Филипченко С.В.	132
Халецкий С.П.	132, 201, 311
Хизанейшвили Н.Э.	180
Хомяк М.М.	394
Чекель Е.И.	50
Черепок И.А.	50
Черехухина Е.В.	218
Шашко М.Н.	75, 83, 327
Шашко Ю.К.	59, 75, 83
Шелото Б.В.	260, 268

Шиманский Л.П.	352
Ширко П.А.	187
Шишлова Н.П.	292, 319
Шор В.Ч.	379

СОДЕРЖАНИЕ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

- Куцева В.Н., Скируха А.Ч., Грибанов Л.Н. Булавин Л.А., Ленский А.В., Махлай Н.П.* Урожайность и эффективность возделывания ярового рапса в зависимости от насыщения им зернового севооборота 4
- Степанова Н.В.* Возделывание льна-долгунца при уплотнении севооборота редькой масличной на зеленое удобрение 11
- Лукьянюк Н.А.* Влияние обработки почвы и посева в мульчу на урожайность сахарной свеклы и технологические качества корнеплодов 17
- Лукьянюк Н.А.* Регулирование последствий гербицидов агротехническими приемами в звене свекловичного севооборота 28
- Куркина Г.Н.* Эффективность применения гербицидов с различным спектром действия на посевах кукурузы 39
- Боровик А.А., Чекель Е.И., Черепок И.А., Кишко Р.Д., Крицкая В.В.* Биологическая и хозяйственная эффективность гербицида Бунт, ВР на клевере луговом под покровом ячменя 50

РАСТЕНИЕВОДСТВО

- Шаико Ю.К.* Ретроспективный анализ фунгицидов, зарегистрированных в Беларуси против фузариоза колоса пшеницы 59
- Нехведович С.И., Войтка Д.В.* Фитопатологическая ситуация в посевах льна масличного в условиях Республики Беларусь и оценка вредоносности доминирующих болезней 66
- Шаико М.Н., Будевич Г.В., Шаико Ю.К.* Биологическая эффективность протравителей против комплекса семенной инфекции яровой пшеницы 75
- Шаико Ю.К., Шаико М.Н., Мядель О.В.* Изучение вредоносности фузариоза колоса яровой пшеницы при искусственном заражении в зависимости от фазы развития 83
- Бруй И.Г., Клочкова О.В.* Эффективность протравителей семян люпина узколистного 90
- Бруй И.Г., Будевич Г.В., Клочкова О.В.* Сравнительная эффективность протравителей против грибных болезней люпина узколистного 99
- Снежинский А.А.* Эффективность обработки семян льна-долгунца препаратами различного происхождения с целью повышения урожайности льнотресты 109
- Клыга Е.Р., Васько П.П.* Влияние нормы высева на продуктивность би- 116

нарных агрофитоценозов фестулолиума и люцерны	
<i>Бородько А.А.</i> Влияние различных сроков сева на развитие растений и перезимовку рапса озимого в условиях центральной части Беларуси	124
<i>Власов А.Г., Халецкий С.П., Булавина Т.М., Филипченко С.В.</i> Влияние отдельных элементов технологии возделывания овса пленчатого на урожайность зерна	132
<i>Седукова Г.В., Крестова Н.В.</i> Влияние системы удобрений на урожайность зеленой массы сорго-суданкового гибрида	139
<i>Блохина И.Н.</i> Использование доз минерального азота для оценки качества волокна у исходного материала льна-долгунца	144
<i>Куркина Г.Н.</i> Эффективность минеральных удобрений при повторном возделывании кукурузы после уборки на зерно или силос	151
<i>Сорока А.В., Антонюк А.С., Терлецкая Н.Ф., Гапонюк А.Н.</i> Использование осадков сточных вод городских очистных сооружений при возделывании кукурузы	160
<i>Пилюк Я.Э., Наумович И.М., Лукашевич Т.Н., Сафронова Г.В.</i> Эффективность некорневой подкормки рапса ярового микробными препаратами	167
<i>Седукова Г.В., Зубкович А.А., Исаченко С.А.</i> Влияние элементов питания на урожайность озимого ячменя при разных системах удобрения	174
<i>Вильдфлуш И.Р., Хизанейшвили Н.Э.</i> Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику площади листовой поверхности, урожайность и качество столовой свеклы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	180
<i>Ширко П.А., Кукишинов П.Г., Рыжков С.Н.</i> Эффективность совместного применения регуляторов роста растений и микроудобрений МикроСтим при возделывании гречихи в условиях восточной части Беларуси	187
<i>Бушневич В.Н., Дробудько И.Е.</i> Влияние некорневой азотной подкормки яровой пшеницы по фазам развития растений на содержание белка в зерне	194
<i>Власов А.Г., Халецкий С.П., Булавина Т.М.</i> Применение фунгицидов на посевах пленчатого и голозерного овса	201
<i>Пынтиков С.А., Куцев Д.Н., Гвоздов А.П., Булавин Л.А.</i> Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на засоренность посевов, влажность почвы и ее азотный режим	208
<i>Черехухина Е.В.</i> Рентабельность применения средств интенсификации	218

как показатель целесообразности их использования при возделывании льна-долгунца

Плюк Я.Э. Перезимовка и продуктивность озимого рапса в Беларуси и пути их повышения 224

Бирюкович А.Л., Пастушок Р.Т. Ценотическая активность бобовых компонентов в луговых травостоях на дерново-глеевой мелиорированной почве 235

Наумович И.М. Изменение содержания сырого жира и белка в маслосеменах рапса ярового в зависимости от приемов агротехники 244

Берестов И.И., Долгова Е.Л., Безлюдный В.Н. Изменчивость и корреляции биохимических показателей и содержания обменной энергии в зеленой массе бобово-злаковых пастбищных травостоев 252

Емелин В.А., Шелото Б.В. Формирование урожайности зеленой массы силфий пронзеннолистной на третий год жизни посевов в зависимости от фаз развития растений, минеральных и органических удобрений 260

Шелото Б.В., Барыгина И.М. Сравнительная оценка продуктивности и питательной ценности злаковых и бобово-злаковых травостоев с участием фестулолиума 268

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

Привалов Ф.И., Гриб С.И., Матыс И.С. Генетические ресурсы национального банка семян – основа селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси 276

Гордей С.И., Урбан Э.П., Артюх Д.Ю., Мельничук К.Г., Горовая М.М., Соловей Ю.С., Ровдо Т.В. Создание родительских компонентов и гибридного сорта озимой ржи БЕЛГИ (F₁) 283

Шишлова Н.П. Влияние инбридинга на продуктивность колоса озимого тритикале 292

Гриб С.И., Буштевич В.Н., Позняк Е.И., Бандарчук В.А. Определение оптимальной высоты растений для селекции тритикале озимого в условиях Беларуси на основе изучения генофонда 300

Куликович Е.Н., Ермоленко Н.Л., Кадырова М.В. Применение микотоксинов в селективных средах *in vitro* в селекции яровой пшеницы 306

Трушко А.А., Халецкий С.П. Источники хозяйственно-ценных признаков в коллекции овса посевного 311

Шишлова Н.П., Буштевич В.Н., Безлюдный В.Н. Отзывчивость образцов 319

озимого тритикале на интенсификацию технологии возделывания	
<i>23 Шаико Ю.К., Будевич Г.В., Гриб С.И., Бушневич В.Н., Гордей С.И., Сацюк И.В.</i> Эффективность использования инфекционно-провокационных фонов в селекции озимой и яровой пшеницы на устойчивость к болезням фузариозной и не фузариозной этиологии	327
<i>Мельниченко А.В.</i> Изменчивость количественных признаков в гибридных популяциях риса	338
<i>Куделко В.Н., Лужинская Н.А., Кошевой П.О., Титова Я.А.</i> Оценка коллекционных образцов проса посевного по урожайности, химическому составу и питательной ценности зеленой массы	343
<i>Кравцов В.И., Шиманский Л.П.</i> Изучение исходного материала кукурузы по интенсивности влагоотдачи зерна в предуборочный период	352
<i>Козловский А.А.</i> Генетика темпа начального роста люпина узколистного	360
<i>Козловский А.А., Купцов Н.С.</i> Эволюция биоморфофизиологии растений люпина узколистного в ходе доместикации и селекции	367
<i>Анисимова Н.В., Сысолятин Е.Н., Крицкий М.Н., Шор В.Ч., Гринь В.В., Козловский А.А., Кильчевский А.В.</i> Скрининг образцов коллекции люпина узколистного (<i>Lupinus angustifolius</i> L.) на присутствие генов хозяйственно-ценных признаков	379
<i>Ермоленко Н.Л., Саница И.Н., Куликович Е.Н.</i> Особенности введения в культуру <i>in vitro</i> гороха посевного с целью последующего микроклонального размножения	388
<i>Байструк-Глодан Л.З., Хомяк М.М.</i> Генофонд кормовых трав и использование его в селекции	394
<i>Васько П.П., Столепченко В.А., Козловская З.Г.</i> Тетраплоидный райграс пастбищный на основе диплоидного сорта Пашавы	400
<i>Андроник Е.Л., Дуктова Н.А., Иванова Е.В., Маслинская М.Е.</i> Отбор исходного материала льна масличного по морфо-анатомическим параметрам стебля для создания новых конкурентоспособных сортов	405
<i>Иванов С.А.</i> Применение многокритериального метода оценки при отборе гибридного материала льна-долгунца на ранних этапах селекции	412
<i>Литарная М.А.</i> Полиморфизм по окраске цветка у образцов льна-долгунца и его использование в селекции на продуктивность льнопродукции	418
<i>Именной указатель</i>	425

Научное издание

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И СЕЛЕКЦИЯ В БЕЛАРУСИ

Сборник научных трудов

Основан в 1951 году

ВЫПУСК 56

Дизайн обложки Н. П. Засулевич
Ответственный за выпуск Т. М. Булавина

Подписано в печать 06.07.2020 г. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 25,11. Уч.-изд. л. 24,52.

Тираж 75 экз. Заказ 243.

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.