

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 55



Минск
«ИВЦ Минфина»
2019

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», 2019
© Оформление.
УП «ИВЦ Минфина», 2019

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ БАЛАНС АЗОТА В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРЫ ПОСЕВОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛОМЫ

*А.Ч. Скируха, Л.Н. Грибанов, А.А. Усеня, кандидаты с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 02.04.2019)*

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

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований, проведенных в 2016-2018 гг. по изучению хозяйственного баланса азота в зависимости от вида севооборота, его структуры, а также способа использования побочной продукции (соломы). Установлено, что при отчуждении соломы с поля баланс с наибольшим положительным значением складывался в зернотравяном севообороте и зернотравянопропашном севообороте с двумя полями клевера на разрыве. Баланс азота в полевых севооборотах с сохранением соломы под заделку складывался аналогично балансу с ее отчуждением, но с более положительным значением.*

Введение. Различные сельскохозяйственные культуры и севообороты с разным соотношением культур оказывают неодинаковое влияние на биологический круговорот веществ. В зависимости от набора и соотношения культур существенно меняется вынос и возврат в почву элементов питания, поэтому при разработке специализированных севооборотов наряду с экономическим обоснованием необходима их агротехническая оценка, одним из элементов, которой является азотный режим почвы.

Баланс питательных веществ является научной основой для разработки структуры посевных площадей и систем удобрений в севооборотах. Он позволяет определить степень обеспеченности питательными веществами растений, обосновано применять удобрения и регулировать содержание питательных веществ в почве при максимальном снижении непроизводительных потерь. Сочетание культур и удобрений должно быть направлено на повышение запасов азота в почве.

В наших исследованиях мы изучали хозяйственный баланс азота в севооборотах с разной структурой посевов с заделкой соломы и ее отчуждением для того, чтобы установить возможность накопления его в почве в зависимости от насыщения севооборотов многолетними травами, пропашными и зерновыми культурами. При расчете приходная часть баланса складывалась из поступления азота с осадками, удобрениями, семенами, фиксации бобовыми культурами и несимбиотической фиксации свободно живущими микроорганизмами. В расходную часть включали вынос с урожаями основной и побочной продукции, а также газообразные потери из почвы и удобрений. Поступление азота с удобрениями и семенами определено по фактически внесенному количеству в опытах. Фиксация азота клубеньковыми и свободно живущими микроорганизмами, поступление с осадками, а также газообразные потери рассчитаны на основе литературных источников [1].

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили в 2016-2018 гг. в стационарном полевом опыте в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой суглинке, подстилаемом с глубины 50-70 см моренным суглинком. Пахотный слой характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,48-2,57%, азота – 0,117-0,121%, подвижных форм фосфора – 278-290 мг/кг, калия – 254-261 мг/кг, рН – 5,7-6,1, гидролитическая кислотность – 2,27 мг-экв./кг почвы, сумма поглощенных оснований – 74,4 мг-экв./кг.

Исследования проводили в 3-9-ти полных севооборотах, в которых все поля развернуты в пространстве и во времени, что дало возможность получить данные ежегодно по всем культурам, включенным в севооборот. Учетная площадь делянки 45 м², повторность трехкратная. Все севообороты изучали на фоне применения 11,2 т подстилочного навоза на 1 га пашни. Минеральные удобрения вносили с учетом биологических особенностей возделываемых культур и в соответствии с рекомендациями по применению удобрений. Под все культуры в изучаемых севооборотах использовали химические средства защиты от сорняков, болезней и вредителей в соответствии с рекомендациями.

Всего исследовали 9 схем севооборотов. По видам изучаемые севообороты относятся к зернотравянопропашным, зернотравяным, зернопропашным, зерновым, пропашным. В исследуемых севооборотах удельный вес основных культур составлял: зерновых – до 75%, многолетних трав – до 50%, однолетних трав – до 12,5%, пропашных – до 100% (таблица 1).

Результаты исследований и их обсуждение. Как показали исследования, в приходной части хозяйственного баланса азота основное место занимали поступления от вносимых удобрений (58,3-86,5%). В севооборотах с многолетними травами существенное значение имела фиксация азота из воздуха бобовыми культурами и, в частности, клевером, а также, хотя и в меньшей степени, горохом, высеваемым в виде горохо-овсяной смеси на зеленую массу в занятом пару.

Наибольшее количество биологического азота, поступающего в почву с корневыми остатками за счет фиксации бобовыми культурами (63,2 кг/га в год), отмечено в зерновом севообороте 3, где многолетние травы (33,3%) высевали в виде клевера одногодичного пользования и на разрыве в двух полях в виде клеверо-тимофеечной смеси при двухгодичном использовании, а также в севооборотах 2 и 5 с 25% многолетних трав с двумя полями клевера одногодичного пользования (49,6-57,4 кг/га в год). В зернотравяном севообороте 4 с четырехгодичным использованием клеверо-злаковой смеси (с 3-го года травостой злаковый), несмотря на более высокий удельный вес трав в севообороте (50%), его поступало 31,4 кг/га. В севообороте с двухгодичным использованием клеверо-тимофеечной смеси (сев.1) биологического азота поступало в почву несколько меньше (31,8 кг/га), чем в севообороте (сев.2) с таким же удельным весом многолетних трав (25%) при возделывании в двух полях на разрыве клевера одногодичного пользования (49,6 кг/га) (таблица 2).

Таблица 1 – Структура посевов в исследуемых полевых севооборотах

№	Вид севооборота	Количество полей	Структура посевов, %			
			Зерновые и зернобобовые	Многолетние травы	Однолетние травы	Пропашные
1	Зернотравяно-пропашной	8	50	25 Кт2	12,5	12,5
2	Зернотравяно-пропашной	8	50	25 Кл1+Кл1	12,5	12,5
3	Зернотравяной	9	55,6	33,3 Кт1+Кт2	11,1	-
4	Зернотравяной	8	37,5	50 Кз4	12,5	-
5	Зерновой	8	62,5	25 Кл1	12,5	-
6	Зернотравяно-пропашной	9	66,7	11,1 Кл1	11,1	11,1
7	Зернотравяно-пропашной	8	50	12,5 Кл1	12,5	25
8	Зернопропашной	4	75	-	-	25
9	Пропашной	3	-	-	-	100

Примечание:

Кл1 – клевер 1 года пользования;

Кт2 – клеверо-тимофеечная смесь 2 года пользования;

Кз4 – клеверо-злаковая смесь 4 года пользования.

Хозяйственный баланс азота в большой степени зависел от вида севооборота, определяемого его структурой посевов, а также от способа использования побочной продукции (соломы). В вариантах опыта с отчуждением соломы баланс с наибольшим положительным значением складывался в зернотравяном севообороте, где в среднем за год приход превысил расход на 40,2 кг/га (сев.4). Достаточно хорошие показатели по приходной части азота обеспечил зернотравянопропашной севооборот с двумя полями клевера на разрыве (сев.2). В этом севообороте в почву поступило 216,5 кг/га азота, что на 32,4 кг/га превысило его расход. В зерновых севооборотах (сев.3, 5) поступление азота было несколько ниже, поэтому разница прихода над его расходом составила 26,7-28,1 кг/га соответственно. С меньшей положительной величиной (+10,5 кг/га) баланс оказался в зерновом севообороте (сев.6) с одним полем клевера и одним полем картофеля. Отрицательный хозяйственный баланс, а именно, наибольшее превышение расхода над приходом отмечалось в пропашном севообороте (сев.9), который на 100% состоял из пропашных культур. В этом случае поступление азота было на 22,7 кг/га меньше расхода, что в конечном итоге привело к отрицательному балансу азота. Несколько меньшим, но также с отрицательным балансом (-7,5 кг/га) характеризовался и зернопропашной севооборот

Таблица 2 – Хозяйственный баланс азота в различных видах полевых севооборотов, кг/га

№	Поступление азота в почву						Расход			Баланс, +/-**
	с осадками	с удобрениями	с семенами	Фиксация бобовыми культурами из воздуха	несимбиотическая фиксация	всего	вынос с уро-жаем*	газообразные потери	всего из почвы	
1	9,4	137,6	3,8	31,8	15	197,6	<u>146,5</u> 135,3	34,4	<u>180,9</u> 192,1	+16,7 +27,9
2	9,4	137,6	3,4	49,6	15	216,5	<u>150,6</u> 138,3	33,5	<u>184,1</u> 196,4	+32,4 +44,7
3	9,4	117,8	3,7	63,2	15	209,1	<u>154,1</u> 141,4	27,0	<u>181,0</u> 193,7	+28,1 +40,7
4	9,4	158,8	3	31,4	15	217,5	<u>137,6</u> 122,7	39,7	<u>177,3</u> 185,7	+40,2 +48,6
5	9,4	121,3	3,4	57,4	15	206,5	<u>158,1</u> 142,7	21,7	<u>179,8</u> 195,2	+26,7 +42,1
6	9,4	136,7	3,7	24,1	15	188,9	<u>139,3</u> 124,1	39,1	<u>180,6</u> 198,0	+10,5 +27,9
7	9,4	141,3	3,4	34,1	15	202,8	<u>166,7</u> 153,3	40,4	<u>207,1</u> 220,5	-4,3 +9,1
8	9,4	126,3	3	17,1	15	170,8	<u>145,7</u> 117,4	32,6	<u>178,3</u> 206,6	-7,5 +20,8
9	9,4	176,3	3	-	15	203,7	<u>177,7</u> 177,7	48,7	<u>226,4</u> 226,4	-22,7 -22,7

Примечание: * - в числителе вынос азота основной продукцией вместе с соломой, в знаменателе – с сохранением соломы на поле;

** - в числителе баланс азота при отгуждении основной продукции и соломы, в знаменателе – с сохранением соломы на поле.

(сев.8). В зернотравянопропашном севообороте (сев.7), в составе которого были сахарная свекла, кукуруза, а также одно поле клевера, отрицательный баланс азота из изучаемых севооборотов был наименьшим (-4,3 кг/га).

В исследуемых полевых севооборотах с многолетними травами баланс азота складывался в зависимости от режима их использования. В севообороте 1 при использовании многолетних трав в виде клеверо-тимофеечной смеси 2 года он составил +16,7 кг/га. В севооборотах 2, 3 и 5 с сопоставимой общей структурой посевов однолетних культур, но при использовании многолетних трав в виде более продуктивного клевера одногодичного использования в двух полях на разрыве или клевера в сочетании с клеверо-тимофеечной смесью 2 г.п., он оказался более положительным и изменялся в пределах от +26,7 до +32,4 кг/га.

Хозяйственный баланс азота в полевых севооборотах с сохранением побочной продукции под заделку в почву складывался аналогично балансу с ее отчуждением. Заделка соломы позволяла увеличить баланс азота в зависимости от вида севооборота от +9,1 до +48,6 кг/га в сравнении с севооборотами с ее отчуждением, причем величина прибавки в большей степени зависела от удельного веса зерновых культур и повышалась от 8,4 до 28,3 кг/га по мере увеличения их от 37,5 до 75% в структуре севооборота.

Наиболее положительным баланс азота отмечен в севооборотах с многолетними травами и более эффективным их использованием (клевер одногодичного использования в двух полях на разрыве, клевер в сочетании с клеверо-тимофеечной смесью двухгодичного использования) от +40,7 до +48,6 кг/га. Менее положительным он был в севообороте 1, где многолетние травы возделывали в виде клеверо-тимофеечной смеси двухгодичного использования без разрыва (25%) и 6, где удельный вес трав (клевер) составлял 11,1%. В зернотравянопропашном севообороте (сев. 7), в составе которого были пропашные сахарная свекла и кукуруза, а также одно поле клевера, баланс азота был слабоположительным (+9,1 кг/га).

Выводы

1. Хозяйственный баланс азота в большей степени зависел от вида севооборота, определяемого соотношением культур, а также от способа использования побочной продукции (соломы). При отчуждении соломы с поля баланс с наибольшим положительным значением складывался в зернотравяном севообороте, где в среднем за год приход превысил расход на 40,2 кг/га (сев.4) и зернотравянопропашном севообороте с двумя полями клевера на разрыве (сев.2) – +32,4 кг/га. В зерновых севооборотах (сев.3, 5) поступление азота в почву было несколько ниже, поэтому разница прихода над его расходом составила 26,7-28,1 кг/га соответственно. Отрицательным хозяйственным балансом азота (-22,7 кг/га) характеризовался пропашной севооборот (сев.9), который на 100% состоял из пропашных культур. Несколько меньшим отрицательным балансом (-7,5 кг/га) отличался зернопропашной севооборот (сев.8). В зернотравянопропашном севообороте (сев.7). в составе которого были сахарная свекла, кукуруза, а также одно поле клевера. отрицательный баланс среди севооборотов был наименьшим (-4,3 кг/га).

2. Баланс азота в полевых севооборотах с сохранением побочной продукции под заделку в почву складывался аналогично балансу с ее отчуждением, но с более положительным значением, которое изменялось от +9,1 до 48,6 кг/га. Заделка соломы в почву позволяла увеличить баланс азота в сравнении с севооборотами с ее отчуждением. Причем величина прибавки в большой степени зависела от удельного веса зерновых культур и увеличивалась от 8,4 до 28,3 кг/га по мере повышения их от 37,5 до 75% в структуре севооборота.

Литература

1. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2007. – 24 с.

***ECONOMIC BALANCE OF NITROGEN IN FIELD CROP ROTATIONS
DEPENDING ON THE STRUCTURE OF CROPS AND USE OF STRAW***
A.Ch. Skirukha, L.N. Griбанov, A.A. Usenyа

The article presents the results of the research conducted in 2016-2018 on the study of the economic balance of nitrogen depending on the type of crop rotation, its structure, as well as the method of using by-products (straw). It's established that with the movement of straw from the field, the balance with the highest positive value was formed in grain-grass crop rotation and grain grass-growing crop rotation with two fields of clover at the break. The balance of nitrogen in field crop rotations with straw preserved for embedding was formed similarly to the balance with its movement, but with a more positive value.

УДК 633.16:631.51.021:631.84

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ КУЛЬТУР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
СИСТЕМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЯ
В ОРОШАЕМОМ СЕВООБОРОТЕ ЮГА УКРАИНЫ**

Е.Е. Марковская*, доктор с.-х. наук, **Н.П. Малярчук**, доктор с.-х. наук,
И.Н. Беляева, доктор с.-х. наук, **А.С. Малярчук**, к. с.-х. наук
*ГВУЗ «Херсонский государственный аграрный университет»

*Институт орошаемого земледелия НААН Украины, г. Херсон, Украина
(Поступила 14.03.2019)*

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

Аннотация. В статье изложены результаты экспериментальных исследований, проведенных в стационарном опыте Института орошаемого земледелия НААН Украины по изучению влияния основной обработки почвы и удобрения на продуктивность сельскохозяйственных культур, а также экономическая и энергетическая эффективность технологий их выращивания. Представлена экономическая и энергетическая оценка способов и глубины основной обработки почвы под культуры севооборота. Разработаны экономически и энергетически обоснованные системы разнотравной отвальной, безотвальной и дифференцированной по способам и глубине основной обработки почвы для четырехпольных пропашных севооборотов на орошаемых землях юга Украины на фоне двух систем органо-минерального удобрения.

Введение. Благополучие народа Украины зависит от рационального использования земельных ресурсов. По площади пашни наше государство занимает третье, а в расчете на душу населения второе место в Европе. Вместе с тем, низкая культура земледелия, неполное использование климатического потенциала и мер интенсификации негативно влияют на сельскохозяйственное производство, что нарушает стабильность экономики хозяйств южной Степи. Ученые и практики аграрного сектора страны доказали высокую эффективность мелиорации земель, особенно в южном регионе, где только поливные земли являются гарантом производства зерна, семян сои, кормов, плодово-овощной продукции и картофеля. В то же время, в последние годы удельный вес орошаемых земель в общей площади пашни существенно сократился. Поэтому повышение эффективности их использования необходимо рассматривать сквозь призму решения таких задач, как получение максимальной прибыли, снижение энергоёмкости производства продукции, ускорения окупаемости капиталовложений, возможности быстрого получения оборотных средств и улучшение экологической ситуации орошаемых территорий.

Ресурсосбережение и охрана окружающей среды при производстве сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях – это два взаимосвязанных направления, реализацию которых можно осуществить за счет внедрения научно обоснованных систем земледелия. В связи с обострением экологической ситуации в агропромышленном комплексе Украины необходимость решения данной проблемы не подлежит сомнению, а научно обоснованные системы обработки почвы и удобрения должны обеспечивать сохранение плодородия почв и защиту их от эрозионных и деградационных процессов при экономном расходовании техногенных ресурсов.

Поэтому совершенствование существующих, экономическое и энергетическое обоснование новых способов и систем основной обработки почвы в короткороотационных севооборотах на орошаемых землях, является актуальным и требует углубленных экспериментальных исследований.

Многие ученые утверждают, что современная система обработки почвы должна базироваться на принципах минимизации [2, 5, 6, 7, 8]. В то же время вопрос о применении минимальных систем основной обработки почвы в земледелии до сих пор остается дискуссионным, и одна из причин этого – противоречивость данных о его влиянии на агрофизические свойства, питательный режим, фитосанитарное состояние, а также продуктивность выращиваемых сельскохозяйственных культур. С одной стороны, минимальная обработка позволяет сократить производственные затраты на 15-20%, в том числе расходы топлива на 30-35%, повысить производительность труда на 25-30%, защитить почву от ветровой и водной эрозии, деградации, повысить содержание органического вещества в верхнем слое (0-10 см) и обеспечить одинаковую урожайность сельскохозяйственных культур, в сравнении с традиционной вспашкой. Одновременно – необоснованное применение мелкой (12-16 см) и поверхностной (6-8 см) основной обработки с длительным применением орудий дискового типа вызывает резкое повышение плотности сложения и уменьшение пористости почвы, что приводит к ухудшению водопроницаемости и снижению запасов

продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы за счет стока воды от атмосферных осадков и орошения. Концентрация семян сорняков в поверхностном слое способствует росту засоренности посевов, повышению уровня повреждения растений болезнями и вредителями, что приводит к необходимости повышения пестицидной нагрузки на агроценозы и дополнительным финансовым расходам [1, 3].

Материалы и методы исследования. В стационарном полевом опыте отдела орошаемого земледелия на землях опытного поля Института орошаемого земледелия НААН Украины в течение 2011-2015 гг. в 4-польном звене плодосменного севооборота на Ингулецкой оросительной системе изучалось пять систем основной обработки почвы, которые отличались между собой глубиной рыхления, затратами невозобновляемой энергии на их выполнение, а также испытывалось две системы органо-минерального удобрения.

Фактор А (обработка почвы):

1. Система разноглубинной отвальной обработки;
2. Система разноглубинной безотвальной обработки;
3. Система одноглубинной мелкой дисковой обработки;
4. Система дифференцированной обработки почвы с одним щелеванием на 38-40 см за ротацию севооборота;
5. Система дифференцированной обработки почвы в севообороте с одной вспашкой на 28-30 см за ротацию.

Фактор В (фон минерального питания с использованием на удобрение всей побочной продукции сельскохозяйственных культур севооборота):

1. Внесение на 1 га севооборотной площади $N_{75}P_{60}$;
2. Внесение на 1 га севооборотной площади $N_{97,5}P_{60}$.

Почва опытного поля темно-каштановая среднесуглинистая с низкой обеспеченностью нитратами и средней – подвижным фосфором и обменным калием, содержание гумуса в слое 0-30 см – 2,25%.

Закладка вариантов опыта по основной обработке проводилась следующим образом:

вспашка – плугом лемешным ПЛН-5-35; чизельное рыхление – чизельным глубокорыхлителем ГРНФ-4м и ЧГ-40-02; дисковая мелкая обработка (12-16 см) – тяжелой дисковой бороной БДВП-4,2; дисковая поверхностная обработка (6-8 см) – легкой дисковой бороной БДЛП-4 с катками.

Агротехника выращивания сельскохозяйственных культур в севообороте была общепринятой для орошаемых земель южной Степи, кроме изучаемых факторов.

В течение вегетации влажность почвы в слое 0-40 см поддерживалась на уровне 75% НВ.

Учитывая то, что на современном этапе развития систем земледелия в Украине производство продукции должно согласовываться с экономической и энергетической эффективностью, нами осуществлен тщательный учет материальных, трудовых, технических и отдельных природных ресурсов с использованием не только количественной и стоимостной, но и энергетической оценки каждой технологической операции и технологий выращивания сельскохозяйст-

венных культур, которые базировались на разных системах основной обработки почвы и удобрения. С целью выявления экономической и энергетической эффективности определяли общие расходы средств и совокупной энергии на их технологии выращивания. Стоимость валовой продукции рассчитывали по биржевым закупочным ценам, сложившимся на момент реализации продукции. Оценку энергоёмкости продукции проводили в соответствии с общепринятыми методиками и методическими рекомендациями [4, 9, 10].

Результаты исследования. Под влиянием исследуемых нами систем обработки почвы и удобрения происходили изменения агрофизических свойств, питательного режима почвы и фитосанитарного состояния посевов, что способствовало созданию различных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур, формирования урожая и получения продукции разного качества. Они существенно влияли на производительность труда, расходы невозобновляемой, как материализованной, так и антропогенной энергии. При систематическом проведении под все культуры севооборота мелкой одноглубинной и разноглубинной системы основной обработки без оборота пласта расходы на их проведение были ниже по сравнению с системой разноглубинной вспашки, соответственно на 63,2 и 40,5%. Дифференцированные по способам и глубине системы основной обработки почвы обеспечили уменьшение энергетических затрат на 8,0 и 24,5%.

Технологические процессы в интенсивных технологиях выращивания сельскохозяйственных культур севооборота, основанные на применении почвозащитных, энергосберегающих способов и приемов основной обработки почвы, тесно связаны между собой в целостный технологический комплекс. При этом каждая технологическая операция обеспечивает высокую эффективность при условии, что предыдущая была проведена в оптимальные сроки и на высоком агротехническом уровне.

Основной технологической операцией, на которой базируются технологии выращивания сельскохозяйственных культур в севооборотах на орошаемых землях, является основная обработка, то есть та сплошная обработка, которая проводится на максимальную глубину. В структуре затрат на выращивание она занимает от 2 до 10%, но от нее во многом зависит продуктивность большинства сельскохозяйственных культур.

Оценивая эффективность низкозатратных – мелкой и разноглубинной безотвальной систем основной обработки почвы в севообороте, необходимо отметить, что обеспечив существенную экономию затрат на их выполнение, они мало влияли на общие расходы денежных средств и энергии в технологии выращивания сельскохозяйственных культур в целом. Так, если при системе разноглубинной основной обработки почвы с оборотом пласта (вариант 1, контроль) расходы на технологии выращивания составляли 8,5 тыс. грн. в расчете на гектар севооборотной площади, то при системе разноглубинной обработки без оборота пласта (вариант 2) и дифференцированной 1 с одним шлеванием за ротацию (вариант 4), а также дифференцированной 2 с одной вспашкой за ротацию севооборота они снизились до 8,4 тыс. грн. или на 1,2%. При одноглу-

бинной мелкой безотвальной системе основной обработки (вариант 3) расходы сократились на 2,4%.

Увеличение дозы внесения удобрений до N_{97,5}P₆₀ кг/га севооборотной площади обеспечило повышение урожайности всех культур севооборота, одновременно закономерность, которая наблюдалась при внесении дозы N₇₅P₆₀ (контроль) сохранилась.

Повышение дозы азотных удобрений под ячмень озимый до N₉₀, кукурузу на зерно до N₁₈₀ и обработка семян сои инокулянтом ризигоумин и АБМ (система удобрения 2) способствовало росту продуктивности культур на 15,1% зерновых и на 16,4% кормовых единиц.

Замена отвальной, безотвальной разноглубинной и дифференцированной по способам и глубине обработки почвы на систематическое мелкое рыхление (вариант 3) привела к снижению продуктивности до 5,19 т з.ед. и 5,21 т к.ед. в системе удобрения 1. В системе удобрения - 2 соответственно – до 6,03 з.ед. и 6,11 к.ед. По производству валовой продукции в расчете на один гектар севооборотной площади система разноглубинной вспашки обеспечила валовую прибыль на уровне 16,9 тыс. грн., в варианте дифференцированной 1 системы основной обработки он был ниже и составлял 16,7 тыс. грн. с одинаковым уровнем рентабельности 98,8%. Наиболее низкой окупаемость затрат на технологии выращивания сельскохозяйственных культур в севообороте на орошении была при одноглубинной мелкой безотвальной системе обработки, где уровень рентабельности составил 55,4% (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность 4-польного звена плодосменного севооборота при различных системах основной обработки почвы и удобрения, т/га (среднее за 2011-2015 гг.)

Система основной обработки почвы	Доза удобрений	Культура				Среднее	
		ячмень озимый	соя	кукуруза на зерно	соя	к.ед.	з.ед.
Отвальная разноглубинная	N ₇₅ P ₆₀	3,83	3,09	11,79	3,24	6,71	6,64
	N _{97,5} P ₆₀	4,29	3,43	14,32	3,46	7,82	7,65
Безотвальная разноглубинная	N ₇₅ P ₆₀	3,68	2,99	11,47	3,03	6,48	6,39
	N _{97,5} P ₆₀	4,21	3,32	13,93	3,21	7,53	7,35
Безотвальная разноглубинная	N ₇₅ P ₆₀	3,41	2,23	9,5	2,32	5,31	5,18
	N _{97,5} P ₆₀	3,82	2,51	11,58	2,54	6,22	6,01
Дифференцированная 1	N ₇₅ P ₆₀	3,67	3,02	11,98	3,06	6,64	6,55
	N _{97,5} P ₆₀	4,15	3,40	14,72	3,31	7,82	7,62
Дифференцированная 2	N ₇₅ P ₆₀	3,46	2,62	11,96	2,62	6,30	6,12
	N _{97,5} P ₆₀	4,07	2,93	14,27	2,88	7,31	7,05

Увеличение дозы внесения минеральных удобрений до N_{97,5}P₆₀ кг/га севооборотной площади обеспечило повышение урожайности всех культур севооборота, и соответственно возросло и производство валовой продукции, ее стоимость и уровень рентабельности. За счет внесения дополнительной дозы

азотных удобрений расходы на технологию увеличились на 0,9 тыс. грн./га, или на 9,4-9,6% (таблица 2).

Таблица 2 – Экономическая эффективность технологий выращивания сельскохозяйственных культур в севообороте на орошении при различных системах обработки почвы и удобрения (среднее за 2011-2015 гг.)

Система обработки почвы	Показатель эффективности		
	Затраты на технологию, тыс.грн./га	Стоимость валовой продукции, тыс. грн./га	Уровень рентабельности, %
Система удобрения 1 с внесением N ₇₅ P ₆₀ кг д.в. /га			
Разноглубинная отвальная	8,5	16,9	98,8
Разноглубинная безотвальная	8,4	16,2	92,9
Одноглубинная мелкая безотвальная	8,3	12,9	55,4
Дифференцированная 1	8,4	16,7	99,8
Дифференцированная 2	8,4	15,4	83,3
Система удобрения 2 с внесением N _{97,5} P ₆₀ кг д.в. /га			
Разноглубинная отвальная	9,4	19,3	107,5
Разноглубинная безотвальная	9,3	18,5	101,1
Одноглубинная мелкая безотвальная	9,2	14,9	63,7
Дифференцированная 1	9,3	19,3	109,8
Дифференцированная 2	9,3	17,7	92,4

Увеличение производства валовой продукции при дозе N_{97,5}P₆₀ по сравнению с дозой внесения N₇₅P₆₀ кг/га отмечено в варианте разноглубинной основной обработки почвы с оборотом пласта – 14,2%, в то время как в варианте дифференцированной 1 и одноглубинной мелкой оно было в пределах 15,5 и 15,6%.

Самый высокий уровень рентабельности в расчете на один гектар севооборотной площади при повышенной дозе внесения азотного удобрения соответствовал варианту дифференцированной 1 системы основной обработки почвы – 109,8%, в то время как в контроле его уровень составил 107,5%, а при системе одноглубинной мелкой обработки он снизился до 63,7%.

Оценка продуктивности севооборота по выходу валовой продукции в энергетических показателях при применении системы удобрения 2 свидетельствует о том, что она увеличилась в зависимости от способов, систем и глубины основной обработки почвы на 19,0-21,6 ГДж/га, или на 15,8-17,7% с такой же закономерностью, как и в севообороте с системой удобрения 1.

Затраты совокупной энергии на формирование урожая в расчете на гектар севооборотной площади при применении системы удобрения 1 в варианте разноглубинной вспашки составили 37,8 ГДж, в варианте разноглубинного безотвального рыхления 36,4 ГДж, при одноглубинном мелком 35,2 ГДж. При дифференцированных системах обработки соответственно 36,1 и 35,9 ГДж. Приме-

нение системы удобрения 2 привело к увеличению расходов на технологии выращивания за счет повышения дозы внесения азотного удобрения на 2,4-2,6%. Продуктивность звена плодосменного севооборота с системой удобрения 1 по выходу валовой энергии в варианте дифференцированной 1 системы обработки почвы составила 105,43 ГДж/га, т.е. была на уровне с системой разноглубинной отвальной обработки, где она составила 105,42 ГДж/га.

В вариантах с применением разноглубинной безотвальной и дифференцированной 2 основной обработки этот показатель был в пределах 100,34-103,8 ГДж/га, или уменьшился по сравнению с дифференцированной 1 системой обработки почвы на 8,3%, а в варианте безотвальной мелкой обработки уровень продуктивности снизился до 84,81 ГДж/га, или на 23,2% (таблица 3).

Таблица – 3 Энергетическая эффективность технологии выращивания сельскохозяйственных культур при различных системах обработки почвы и удобрения (среднее за 2011-2015 гг.)

Система обработки почвы	Показатель эффективности		
	Затраты энергии, ГДж/га	Выход валовой энергии, ГДж/га	Энергетический коэффициент
Система удобрения 1 с внесением N ₇₅ P ₆₀ кг д.в. /га			
Разноглубинная отвальная	37,8	105,42	2,8
Разноглубинная безотвальная	36,4	103,8	2,8
Одноглубинная мелкая безотвальная	35,2	84,81	2,4
Дифференцированная-1	36,1	105,43	2,9
Дифференцированная -2	35,9	100,34	2,8
Система удобрения -2 с внесением N _{97,5} P ₆₀ кг д.в. /га			
Разноглубинная отвальная	38,7	124,37	3,2
Разноглубинная безотвальная	37,3	119,84	3,2
Одноглубинная мелкая безотвальная	36,1	99,18	2,7
Дифференцированная-1	37,0	124,36	3,4
Дифференцированная -2	36,8	116,46	3,2

Сравнивая энергетический коэффициент (соотношение между энергией в полученном урожае и затраченной в технологическом цикле его выращивания) можно сделать вывод, что наименьшей окупаемостью затрат на технологию выращивания на фоне двух систем удобрения была при мелкой одноглубинной безотвальной обработке почвы. Так, при системе удобрения 1 энергетический коэффициент составил 2,4, а при системе удобрения 2 он увеличился до 2,7, в то время как при дифференцированной 1 обработке почвы (вариант 4) он имел максимальное значение и составил 2,9 и 3,4 соответственно или увеличился на 20,8 и 25,9%.

По разноглубинной отвальной, безотвальной и дифференцированной-2 системам основной обработки энергетический коэффициент на фоне системы

удобрения 1 составил 2,8, а при системе удобрения 2 он увеличился до 3,2, что по сравнению с дифференцированной 1 меньше соответственно на 3,4 и 5,9%.

Выводы

Использование на удобрение всей побочной продукции сельскохозяйственных культур и внесение на гектар севооборотной площади $N_{97,5}P_{60}$ с обработкой семян сои ризогумином на фоне применения дифференцированной по способам и глубине системы основной обработки обеспечило получение валовой продукции на уровне 19,3 тыс. грн./га с уровнем рентабельности 109,8% и энергетическим коэффициентом 3.

Литература

1. *Гангур, В.В.* Особливості забор'яненості посівів і ґрунту в сівозмінах з короткою ротацією / В. В. Гангур, І. П. Браженко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2005. – № 2. – С. 40-42.
2. *Щенко, В.О.* Мінімізація механічного обробітку / В. О. Щенко // Карантин і захист рослин. – 2008. – № 10. – С. 15-17.
3. *Ильясов, М.М.* Засоренность посевов в зависимости от систем основной обработки почвы / М. М. Ильясов, А. Х. Яппаров // Плодородие. – 2010. – № 2. – С. 48-49.
4. *Kovalenko, A.* Increasing aridity climate of southern steppe of Ukraine. *Its effects and remedies*: 3rd UNCCD Scicntific Conference (Cancun, 9-12 March 2015). Mexico: Book of Abstracts, 2015. – P. 293-294.
5. *Медведев, В.В.* Перспективы минимализации обработки почвы в Украине / В.В. Медведев // Агроном. – 2007. – № 4. – С. 134-141.
6. Мінімізація обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур / [І.А. Пабаг, М.С. Шевченко, А.І. Горбатенко, А.Г. Горобець] // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 1. – С. 11-14.
7. Минимизация глубокой и мелкой основной обработки почвы / А.Н. Власенко [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2011. – №1. – С. 11-17.
8. *Томашова, О.Л.* Мінімізація обробітку чорнозему південного в Криму в умовах зрошення: автореф. дис.. канд. с.-г. наук: 06.01.01 / Томашова Ольга Леонідівна; Нац. аграр. ун-т. – К., 2006. – 19 с. 33572-А
9. Економічна та енергетична оцінка сівозмін для господарств різної спеціалізації: [метод. реком.]. – Самчики, 2009. – 24 с. 451765-В
10. Енергетична оцінка систем землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур: [метод. реком.]. – К.: Нора-прінт, 2001. – 59 с.

ENERGETIC AND ECONOMIC EFFECTIVENESS OF CROP CULTIVATION TECHNOLOGIES IN DIFFERENT SYSTEMS OF BASIC TILLAGE AND FERTILIZING IN IRRIGATED ROTATION

OF THE SOUTH OF UKRAINE

E.E. Markovskaya, N.P. Malyarchuk, I.N. Belyaeva, A.S. Malyarchuk

The article states the results of the experimental research conducted in the Institute of Irrigated Agriculture of NAASU on the influence of basic tillage and fertilizing on the crop yield as well as economic and energetic effectiveness of cultivation technologies. Presented is economic and energetic evaluation of the methods and depth of basic tillage for rotation crops. Developed are economically and energetically substantiated systems of tillage, zero tillage and differential tillage for four course row rotations on irrigated lands of the south of Ukraine on the background of two systems of organic and mineral fertilizing.

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

С. А. Пынтиков, научный сотрудник, А.П. Гвоздов, кандидат с.-х. наук,

Л.А. Булавин, доктор с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 10.12.2018)

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

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по изучению эффективности применения гербицида Комплит Форте на посевах озимой пшеницы. Установлено, что при его внесении в фазу кушения этой культуры весной, гибель сорняков составила 96,8-98,8%, снижение их сырой массы 98,0-99,3%, в т.ч. падалицы рапса – 96,5-98,2 и 98,4-99,4%. Это обеспечило 8,2-8,6% прибавки урожайности зерна озимой пшеницы.*

Введение. В Беларуси большое внимание уделяется возделыванию озимой пшеницы. Получение в требуемом объеме высококачественного зерна этой культуры имеет важное значение, так как устраняет необходимость приобретения его за рубежом.

Биологической особенностью озимой пшеницы является ее низкая конкурентоспособность по отношению к сорнякам. Экономический порог вредоносности однолетних сорных растений для этой культуры составляет 20 шт./м² [2], поэтому для формирования высокой урожайности зерна озимой пшеницы необходимо эффективное уничтожение сорняков в ее посевах [5].

Проблемным вопросом в земледелии Беларуси становится падалица рапса, посевные площади которого в республике существенно увеличились и составляют более 400 тыс. га. Установлено, что примерно на 50-60% посевов озимых зерновых культур в Беларуси падалица рапса является опасным засорителем. Для ее уничтожения приходится существенно увеличивать затраты на проведение химической прополки посевов [3, 4].

Особенностью падалицы рапса является растянутый период появления ее всходов в засушливых условиях летне-осеннего периода, что снижает эффективность применения гербицидов на посевах озимых зерновых культур осенью. В отдельных опытах по этой причине при возделывании озимой пшеницы после озимого рапса с применением осенью в фазу 2-3 листа этой культуры высокоэффективного гербицида Алистер (0,7 л/га) численность падалицы рапса в посевах весной составила в среднем – 24 шт./м² [1], что 1,2 раза выше экономического порога вредоносности сорняков. Это убедительно свидетельствует о существенной значимости падалицы рапса как фактора, препятствующего формированию высокой урожайности зерна озимой пшеницы. Поэтому поиск гербицидов, обеспечивающих высокий эффект в уничтожении падалицы рапса в посевах этой культуры, является актуальным вопросом и имеет важное значение.

Условия и методика проведения исследований. В 2016-2018 гг. в Смолевичском районе Минской области изучали эффективность применения на посевах озимой пшеницы гербицида Комплит форте, КС (дифлюфеникан, 233 г/л + флуфенацет, 200 г/л + метрибузин, 83 г/л) фирмы Байер АГ, Германия для уничтожения сорняков и падалицы предшествующего рапса. Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,45-2,67%, P_2O_5 – 303-314 мг/кг, K_2O – 289-301 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,9-6,3). Озимую пшеницу сорта *Элегия* возделывали после рапса по вспашке с нормой высева 4,0 млн/га всхожих семян с применением минеральных удобрений в дозе $N_{70+50}P_{60}K_{120}$. Гербициды Марафон, ВК (3,5 л/га) и Комплит Форте, КС (0,4 и 0,6 л/га) вносили в фазу весеннего кушения озимой пшеницы. Норма расхода рабочего раствора 200 л/га. Учет засоренности посевов проводили количественно-весовым методом в фазу колошения и перед уборкой озимой пшеницы.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Это оказало определенное влияние на развитие сорного ценоза в посевах озимой пшеницы, а также на уровень ее урожайности.

Результаты исследований и их обсуждение. Учет засоренности посевов озимой пшеницы, проведенный через 30 дней после химической прополки этой культуры, показал, что в контрольном варианте, где гербициды не вносили численность сорняков в среднем за три года составила 57,3 шт./м², а их сырая масса – 154,2 г/м², в т.ч. падалицы рапса 11 шт./м² и 32,5 г/м². В эталонном варианте, в котором применяли гербицид Марафон, ВК (3,5 л/га), указанные выше показатели уменьшились на 93,8 и 96,4%. В этом случае отмечалась полная гибель вероники персидской, мари белой, мятлика лугового, подмаренника цепкого, фиалки трехцветной, ярутки полевой. Гибель пастушьей сумки составила 95,5%, метлицы обыкновенной – 93,8%, звездчатки средней – 90,0%, ромашки непахучей – 88,9%, падалицы рапса – 84,6%, горца вьюнкового – 75,0%, осота полевого – 66,6% при снижении их сырой массы соответственно на 98,8; 96,0; 99,3; 98,0; 93,0; 83,6; 82,9% (таблица 1).

В вариантах, где применяли гербицид Комплит Форте, КС (0,4 и 0,6 л/га), численность сорняков и падалицы рапса уменьшилась соответственно на 96,8-98,8 и 96,5-98,2%, а их сырая масса на 98,0-99,3 и 98,4-99,4%. В этом случае отмечалась полная гибель вероники персидской, звездчатки средней, мари белой, метлицы обыкновенной, мятлика лугового, пастушьей сумки, подмаренника цепкого, фиалки трехцветной, ярутки полевой. В варианте с нормой расхода гербицида Комплит Форте 0,4 л/га гибель ромашки непахучей составила 88,9%, горца вьюнкового – 75,0%, осота полевого – 66,6% при снижении их сырой массы на 98,3; 92,7; 91,2% соответственно. При внесении гербицида Комплит форте, КС в норме 0,6 л/га отмечалась полная гибель ромашки непахучей, осота полевого. Снижение численности горца вьюнкового составило 75,0%, а сырой массы 97,3%.

Учет засоренности, проведенный перед уборкой озимой пшеницы, показал, что в сложившихся условиях в эту фазу ее развития отмечалась полная естественная гибель произрастающих в посевах вероники персидской, подмаренника

Таблица 1 – Влияние гербицидов на засоренность посевов озимой пшеницы через 30 дней после химической прополки (среднее за 2016-2018 гг.)

Вид сорняков	Контроль (без обработки)		Марафон, ВК, 3,5 л/га		Комплит Форте, КС, 0,4 л/га		Комплит Форте, КС, 0,6л/га	
	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²
Всего сорняков	57,3	154,2	93,8	96,4	96,8	98,0	98,8	99,3
Вероника персидская	9,7	15,5	100	100	100	100	100	100
Горец вьюнковый	1,3	3,7	75,0	83,6	75,0	92,7	75,0	97,3
Звездчатка средняя	2,7	9,7	90,0	99,3	100	100	100	100
Марь белая	1	2,1	100	100	100	100	100	100
Метлица обыкновенная	5,3	30,2	93,8	96,0	100	100	100	100
Мятлик луговой	2,3	5,2	100	100	100	100	100	100
Осот полевой	1	8,0	66,6	82,9	66,6	91,2	100	100
Пастушья сумка	6	13,6	95,5	98,8	100	100	100	100
Подмаренник цепкий	1,3	1,3	100	100	100	100	100	100
Ромашка непахучая	3	11,9	88,9	98,0	88,9	98,3	100	100
Фиалка трехцветная	12	20,0	100	100	100	100	100	100
Ярутка полевая	0,7	0,5	100	100	100	100	100	100
Падалица рапса	11,0	32,5	84,6	93,0	96,5	98,4	98,2	99,4

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

цепкого и ярутки полевой. При этом численность и сырая масса падалицы рапса, звездчатки средней, мятлика лугового, осота полевого, пастушьей сумки уменьшились по сравнению с первым учетом. В то же время отмечалось увеличение численности и сырой массы горца вьюнкового, метлицы обыкновенной, ромашки непахучей, мари белой. В контрольном варианте в эту фазу развития озимой пшеницы численность сорняков составила 32,3 шт./м², а сырая масса – 131,1 г/м², в т.ч. падалицы рапса 3 шт./м² и 18,5 г/м². При внесении изучаемых гербицидов максимальный эффект обеспечил Комплит Форте, КС (0,6 л/га). В этом случае гибель сорняков составила 94,4% при снижении сырой массы на 96,6%. В вариантах, где использовали гербициды Комплит Фортке, КС (0,4 л/га) и Марафон, ВК (3,5 л/га), численность сорных растений снижалась соответственно на 90,5 и 80,5%, а их сырая масса на 95,4 и 90,9%.

Во всех вариантах опыта отмечалось наличие горца вьюнкового, ромашки непахучей, фиалки трехцветной, численность которых снижалась под влиянием изучаемых гербицидов по сравнению с контролем на 58,4-97,6%, а их сырая масса на 57,8-99,9%. Падалица рапса и звездчатка средняя в эту фазу развития озимой пшеницы встречались лишь в варианте с применением гербицида Марафон, ВК (3,5 л/га), где их численность была ниже по сравнению с контролем на 50 и 66,7%, а их сырая масса на 72,5 и 82,1%. Просо куриное, кроме контроля, произрастало в вариантах с использованием гербицидов Марафон, ВК (3,5 л/га) и Комплит Форте, КС (0,4 л/га), под влиянием которых его численность снижалась на 66,7%, а сырая масса на 95,8-96,9%. Марь белая, метлица обыкновенная, осот полевой, пастушья сумка в посевах озимой пшеницы перед ее уборкой встречались лишь в контрольном варианте (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние гербицидов на засоренность посевов озимой пшеницы перед уборкой (среднее за 2016-2018 гг.)

Вид сорняков	Контроль (без обработки)		Марафон, ВК, 3,5 л/га		Комплит Форте, КС, 0,4 л/га		Комплит Форте, КС, 0,6л/га	
	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²
Всего сорняков	32,3	131,1	80,5	90,9	90,5	95,4	94,4	96,6
Горец вьюнковый	4,3	6,7	58,4	57,8	63,9	69,5	69,5	72,5
Звездчатка средняя	1	2,6	66,7	82,1	100	100	100	100
Марь белая	1,7	2,1	100	100	100	100	100	100
Метлица обыкновенная	7,6	31,9	100	100	87,0	90,1	91,3	95,1
Мятлик луговой	1	1,5	66,7	95,5	100	100	100	100
Осот полевой	0,7	4,0	100	100	100	100	100	100
Пастушья сумка	1	2,2	100	100	100	100	100	100
Падалица рапса	3	18,5	50,0	72,5	100	100	100	100
Просо куриное	1	3,2	66,7	96,9	66,7	95,8	100	100
Ромашка непахучая	5	36,4	80,0	94,8	80,0	95,0	80,0	95,7
Фиалка трехцветная	6	22,0	97,6	99,9	97,6	99,0	97,6	99,0

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

Изучаемые гербициды оказывали влияние не только на сорняки, но и на культурные растения. Установлено, что через 7 дней после внесения гербицидов высота растений озимой пшеницы в контрольном варианте составила в среднем 20,3 см, а сырая масса 10 растений – 19,1 г. При использовании изу-

чаемых гербицидов указанные выше показатели находились в пределах 18,6-20,1 см и 18,5-19,0 г, что ниже по сравнению с контролем соответственно на 1,0-8,4 и 0,5-3,1%. Наименьшими они были в варианте, где применяли Комплит Форте, КС в норме 0,6 л/га (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние гербицидов на рост и развитие растений озимой пшеницы (среднее за 2016-2018 гг.)

Вариант	Высота растения, см			Масса 10 растений, г		
	1-й учет	2-й учет	3-й учет	1-й учет	2-й учет	3-й учет
Контроль (без обработки)	20,3	25,9	42,1	19,1	23,8	60,7
Марафон, ВК, 3,5 л/га – эталон	20,1	26,0	42,3	19,0	23,9	61,0
Комплит Форте, КС, 0,4 л/га	18,9	24,4	42,6	18,7	22,3	59,8
Комплит Форте, КС, 0,6 л/га	18,6	24,1	41,7	18,5	22,0	59,1

Примечание: 1-й, 2-й, 3-й учеты проводили через 7, 14 и 30 дней после внесения гербицидов

Через 14 дней после проведения химической прополки посевов высота растений озимой пшеницы в контроле составила 25,9 см, а масса 10 растений – 23,8 г. Применение гербицида Марафон, ВК (3,5 л/га) повышало эти показатели по сравнению с контролем на 0,4%. В вариантах с использованием гербицида Комплит Форте, КС в нормах 0,4 и 0,6 л/га отмечалось снижение высоты растений по сравнению с контролем соответственно на 5,8 и 6,9%, а массы 10 растений на 6,3 и 7,6%. Через 30 дней после внесения гербицидов высота растений озимой пшеницы в контроле составила 42,1 см при массе 10 растений 60,7 г. В вариантах с использованием изучаемых гербицидов различия по этим показателям находились в пределах 0,5-2,6%. Наименьшие высота и масса 10 растений были при внесении гербицида Комплит Форте (0,6 л/га).

Анализ элементов структуры урожайности озимой пшеницы показал, что в контрольном варианте число продуктивных стеблей озимой пшеницы составило в среднем за период исследований 410 шт./м², число зерен в колосе 30,2 шт., а масса 1000 зерен 43,2 г (таблица 4). Под влиянием изучаемых гербицидов число продуктивных стеблей озимой пшеницы увеличилось до 428-430 шт./м² (4,4-4,9%), число зерен в колосе – 30,8-31,1 шт. (2,0-3,0%), а масса 1000 зерен – 43,4-43,6 (0,5-0,9%). Наибольшее число продуктивных стеблей отмечалось в варианте, где применяли гербицид Комплит Форте (0,6 л/га). По числу зерен в колосе и массе 1000 зерен преимущество имел вариант с внесением гербицида Комплит Форте (0,4 л/га).

Урожайность зерна озимой пшеницы в контрольном варианте в годы проведения исследований изменялась под влиянием погодных условий и уровня засоренности посевов в пределах 31,7-60,2 ц/га и составила в среднем за три года 48,7 ц/га (таблица 5).

В эталонном варианте, где применяли гербицид Марафон, ВК (3,5 л/га), прибавка урожайности зерна озимой пшеницы по сравнению с контролем составила в среднем за период исследований 3,4 ц/га, то есть 7,0%. Применение

Таблица 4 – Влияние гербицидов на элементы структуры урожайности озимой пшеницы (среднее за 2016-2018 гг.)

Вариант	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен
Контроль (без обработки)	410	30,2	43,2
Марафон, ВК, 3,5 л/га	428	30,8	43,4
Комплит Форте, КС, 0,4 л/га	428	31,1	43,6
Комплит Форте, КС, 0,6 л/га	430	31,0	43,5

Таблица 5 – Влияние гербицидов на урожайность зерна озимой пшеницы, ц/га

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка	
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	ц/га	%
Контроль (без обработки)	60,2	54,2	31,7	48,7	–	–
Марафон, ВК, 3,5 л/га	64,3	57,9	34,2	52,1	3,4	7,0
Комплит Форте, КС, 0,4 л/га	65,2	58,9	34,7	52,9	4,2	8,6
Комплит Форте, КС, 0,6 л/га	64,6	58,7	34,9	52,7	4,0	8,2
НСР ₀₅	2,9	3,5	2,4			

гербицида Комплит Форте, КС в нормах 0,4 и 0,6 л/га обеспечило прибавку урожайности зерна соответственно 4,2 и 4,0 ц/га или 8,6 и 8,2%.

Выводы

1. При возделывании озимой пшеницы после рапса и растянутом появлении в ее посевах осенью всходов сорняков и крестоцветного предшественника целесообразно для эффективной защиты посевов от сорных растений применять в фазу весеннего кушения гербицид Комплит Форте (0,4-0,6 л/га). Это обеспечило гибель сорняков в посевах озимой пшеницы через 30 дней после проведения химической прополки 96,8-98,8%, а падалицы рапса 96,5-98,2% при снижении сырой массы соответственно на 98,0-99,3% и 98,4-99,4%.

2. Применение гербицида Комплит Форте, КС (0,4-0,6 л/га) в фазу кушения озимой пшеницы весной повышало в сложившихся условиях урожайность зерна этой культуры в среднем за период исследований на 4,0-4,2 ц/га (8,2-8,6%).

Литература

1. Булавин, Л.А. Проблема падалицы рапса и проса в посевах сельскохозяйственных культур / Л.А. Булавин [и др.] // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя грамадскіх і гуманітарных навук. – 2017. – №1 – С. 3-7.

2. Сорока, С.В. Распространенность и вредоносность сорных растений в посевах озимых зерновых культур в Беларуси / С.В. Сорока, Л.И. Сорока // РУП «Ин-т защиты растений». – Минск: Коллоград. – 2016. – С. 83-84.

3. Сорока, С.В. Динамика засоренности посевов озимых зерновых культур и особенности химической прополки весной / С.В. Сорока [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2013. – №1. – С. 3-7.

4. Сорока, С.В. Динамика изменения засоренности посевов озимых зерновых культур в Беларуси за последние 30 лет / С.В. Сорока, Л.И. Сорока // Адаптивная интенсификация зем-

леделия и растениеводства: современное состояние и пути развития: матер. Межд. науч.-практ. конф., посв. 85-летию основания БГСХА; Горки, 23-25 июня 2010 г. УО «БГСХА» – Горки, 2011. – С. 149-151.

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

INFLUENCE OF HERBICIDES ON INFESTATION OF CROPS AND YIELD OF WINTER WHEAT GRAIN

S.A. Pyntikov, A.P. Gvozdov, L.A. Bulavin

The paper presents the results of the research on the efficiency of the application of the Complete Forte herbicide to winter wheat crops. It's established that with its application in spring at the tillering stage weeds are destroyed by 96,8-98,8 %, their green weight is reduced by 98,0-99,3 % and rape drops by 96,5-98,2 and 98,4-99,4 %. It provides 8,2-8,6% yield increase of winter wheat grain.

УДК 632.954: 633.63

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДА БЕТАНАЛ МАКСПРО, МД НА ПОСЕВАХ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Н.А. Лукьянюк, кандидат с.-х. наук, **Е.В. Турук***, кандидат с.-х. наук
KWS SAAT SE, ФРГ

**Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно
(Поступила 14.03.2019)*

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

Аннотация. Приведены результаты изучения кратности обработки, норм внесения и применения в баковой смеси с гербицидом Голтикс, КС препарата Бетанал МаксПро, МД. Показано, что гербицид Бетанал МаксПро, МД можно рекомендовать для применения на сахарной свекле в нормах 1,5 л/га трехкратно, либо 1,75 л/га двукратно против однолетних двудольных сорняков. Применение препарата обеспечивает биологическую эффективность, на уровне эталона, однако это не гарантирует необходимой чистоты посева. Трехкратное применение гербицида Бетанал МаксПро, МД 1,25 л/га в смеси с Голтикс, СК 0,5-0,75 л/га позволяет эффективно контролировать однолетние двудольные сорняки, а также повышает урожайность корнеплодов на 17,7-23,1%, сахаристость на 0,3-0,4% в сравнении с применением Бетанал МаксПро, МД в чистом виде. Прибавка выхода сахара с гектара составляет 19,7-24,6%.

Свекловодство – одна из наиболее интенсивно развивающихся отраслей сельскохозяйственного производства. Однако продуктивность свекловичного ценоза в Беларуси в 1,8-2,0 раза ниже, чем в большинстве стран ЕС, что побуждает сельхозпроизводителей к дальнейшему поиску путей повышения урожайности и улучшению технологических качеств корнеплодов [3].

Сахарная свекла – культура интенсивного земледелия и высокий урожай возможен только при соблюдении агротехники [10]. При современном уровне технологии важным, а порой и решающим фактором, определяющим продуктивность посевов, является защита от сорных растений, ежегодные потери от которых могут составить от 10-12 до 25-30% урожая [3].

В настоящее время на защиту посевов сахарной свеклы от сорняков приходится более 25% денежных затрат от себестоимости ее производства [10, 11]. В Беларуси гербициды на посевах сахарной свеклы применяются на сумму около 20 млн долларов при стоимости всех средств защиты растений, используемых в республике, 175-234 млн. долл. Это свидетельствует о необходимости снижения затрат и повышения экологической безопасности системы защиты сахарной свеклы от сорняков при сохранении высокой эффективности защитных мероприятий [2].

Для успешного решения данной проблемы несомненный интерес синтез и внедрение в практику новых высокоэффективных селективных гербицидов и повышение степени использования гербицидного потенциала при совместном применении препаратов в баковых смесях [1, 4, 5]. Одним из таких инновационных селективных гербицидов для послевсходового контроля однолетних двудольных (включая виды ширицы) и некоторых злаковых сорняков в посевах сахарной свеклы является препарат Бетанал МаксПро, МД, результаты исследований по изучению эффективности которого представлены в данной статье.

Методика проведения исследований. В 2010-2011 гг. в РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле» в соответствии с общепринятой методикой [7, 8] проводили исследования по оценке кратности применения и норм внесения гербицида Бетанал МаксПро, МД на посевах сахарной свеклы. Почва опытного участка высокоокультуренная дерново-подзолистая легкосуглинистая. Повторность – четырехкратная, учетная площадь делянки – 27 м², размещение делянок – рендомизированное.

Агротехника возделывания сахарной свеклы при проведении исследований за исключением изучаемых факторов была общепринятой согласно отраслевому регламенту ОР МСХП РБ 0215-2005 [9].

Органические удобрения (навоз) вносили осенью под предшествующую культуру в дозе 60 т/га. После уборки предшественника при отрастании многолетних сорняков применяли гербицид Раундап, 36 % ВР (6,0 л/га). Фосфорные и калийные удобрения (Р₉₀К₁₅₀) вносили осенью в виде двойного суперфосфата и хлористого калия. Азотные удобрения (N₁₂₀) применяли весной до посева в виде карбамида.

Посев сахарной свеклы проводили сеялкой точного высева «Мека-3», норма высева – 1,4 п.ед./га, гибрид *Алиса*. В период вегетации этой культуры проводили обработку посевов гербицидами согласно схеме опыта.

Способ применения гербицидов – двукратное и трехкратное поделяночное опрыскивание, расход рабочего раствора – 200 л/га, сроки применения гербицидов: при двукратном опрыскивании посевов 1-я пара настоящих листьев сорняков, при трехкратном опрыскивании – семядоли сорняков. Учет засоренности посевов проводили дважды путем наложения рамки площадью 0,25 м² в пяти местах делянки: первый учет (количественно-видовой) через 15 суток после внесения гербицидов; второй учет (количественно-видовой и весовой) – через 30 суток после внесения гербицидов.

Уборку корнеплодов проводили трехрядным комбайном с последующей ручной доочисткой. Урожайность определяли поделяночным взвешиванием.

Технологические качества корнеплодов (сахаристость, калий, натрий, альфа-аминовый азот) определяли на автоматической линии «Венема» согласно общепринятым методикам [6].

Результаты и их обсуждение. В посевах сахарной свеклы в период исследований преобладали марь белая, горец вьюнковый и почечуйный, ромашка непахучая, щирица запрокинутая, фиалка полевая, ярутка полевая, звездчатка средняя. Злаковый сорный ценоз был представлен в основном просом куриным.

При первом учете засоренности посевов биологическая эффективность гербицида Бетанал МаксПро, МД при трехкратном применении находилась на уровне 90,3-94,0%, что соответствовало эталонному варианту, на котором применяли Бетанал эксперт ОФ (92,4%). При двукратном внесении гербицида Бетанал МаксПро, МД в норме 1,5 л/га эффективность составила 87,9%, что ниже эталонного варианта на 2,5% (таблица 1).

Результаты первого учета показали, что при трехкратном применении Бетанал МаксПро, МД с нормами 1,25-1,5 л/га высокая гибель (более 90%) отмечалась у мари белой, щирицы запрокинутой, ярутки полевой, звездчатки средней, горца почечуйного; низкая (менее 85%) – проса куриного, ромашки непахучей, фиалки полевой. Гибель горца вьюнкового увеличивалась с 87,1% при норме 1,25 л/га до 100,0% при норме 1,5 л/га.

Бетанал МаксПро, МД в норме 1,25-1,5 л/га при внесении в три срока более эффективно в сравнении с Бетанал Эксперт ОФ, КЭ контролировал горец вьюнковый, щирицу запрокинутую, при норме 1,5 л/га – ромашку непахучую просо куриное, горец почечуйный; слабее – фиалку полевую. Различий в эффективности против мари белой, ярутки полевой и звездчатки средней не наблюдалось.

С увеличением нормы расхода гербицида Бетанал МаксПро, МД с 1,25 до 1,5 л/га повышалась эффективность против проса куриного на 9,0%, ромашки непахучей на 19,1%, горца вьюнкового на 12,9%, фиалки полевой на 11,6% и горца почечуйного на 6,2% (таблица 1).

При втором учете снижение численности сорняков в вариантах с гербицидом Бетанал МаксПро, МД и эталонном варианте находилось на уровне 86,5-88,8%, а снижение массы сорняков составило 77,1-78,8%. Низкая эффективность при втором учете связана с высокой численностью хорошо развитых экземпляров проса куриного и ромашки непахучей (таблица 1).

Гербицид Бетанал МаксПро, МД при двукратном внесении уступал по эффективности трехкратному применению, что особенно четко прослеживается при втором учете – 82,8-88,0% и 86,5-88,8% соответственно. При двукратном применении отмечена более высокая гибель проса куриного.

При применении Бетанал МаксПро, МД двукратно получена высокая эффективность (более 90%) против мари белой, ярутки полевой, звездчатки средней, удовлетворительная (не менее 85-90%) – горца почечуйного, щирицы запрокинутой, низкая (менее 85%) – ромашки непахучей, горца вьюнкового, фиалки полевой, проса куриного.

Таблица 1 – Биологическая эффективность применения гербицида Бетанал МаксПро, МД на посевах сахарной свеклы (среднее за 2010–2011 гг.)

Вариант	Учет 1										Учет 2	Снижение массы сорняков, %
	Всего	В том числе										
		марь белая	просо куринное	ромашка непахучая	горец почечуйный	горец вьюнковый	ширина запрокинутая	ярутка полевая	фиалка полевая	звездчатка средняя		
Контроль* (без прополки)	226,4	82,9	23,7	11,9	6,4	7,4	16,3	27,4	14,3	9,9	169,7	2168,2
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ 1,0 + 1,0 + 1,0 л/га (эталон)	92,4	98,9	64,6	64,3	93,8	85,5	91,7	100,0	86,6	97,6	88,6	77,1
Бетанал МаксПро, МД 1,25 + 1,25 + 1,25 л/га	90,3	98,8	63,2	52,7	93,8	87,1	94,0	100,0	73,0	96,4	86,5	77,2
Бетанал МаксПро, МД 1,5 + 1,5 + 1,5 л/га	94,0	99,3	72,2	71,8	100	100,0	95,1	100,0	84,6	98,8	88,8	78,8
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ 1,5 + 1,5 л/га (эталон)	90,4	95,5	83,6	59,0	87,5	85,5	87,9	100,0	78,9	100	83,5	75,9
Бетанал МаксПро, МД 1,5 + 1,5 л/га	87,9	95,3	79,1	49,4	84,4	77,1	88,6	99,4	73,2	100	82,8	73,4
Бетанал МаксПро, МД 1,75 + 1,75 л/га	90,5	96,0	84,6	55,3	90,6	81,7	92,4	100,0	78,4	100	84,5	73,1
Бетанал МаксПро, МД 1,9 + 1,9 л/га	93,0	98,2	86,8	58,7	93,8	88,4	92,9	100,0	80,8	100	88,0	77,5

* - Количество сорняков, шт./м², масса сорняков г/м²

При двукратном применении Бетанал МаксПро, МД в норме 1,75-1,9 л/га более эффективно в сравнении с эталонным вариантом контролировал щирец запрокинутую (+4,5-5,0%), при норме 1,9 л/га – марь белую (+2,7%), горец почечуйный (+6,3%); слабее – ромашку непахучую. С увеличением нормы расхода Бетанал МаксПро, МД с 1,5 л/га до 1,9 л/га возросла биологическая эффективность гербицида против проса куриного, ромашки непахучей, горца выюноквого, щирецы запрокинутой, фиалки полевой, мари белой и горца почечуйного (таблица 1).

Урожайность корнеплодов и выход сахара с гектара в варианте с гербицидом Бетанал МаксПро, МД (1,25 л/га) трехкратно была на 5,0 т/га (11,0%) и 0,6 т/га (10,2%) ниже, чем в эталонном варианте. При норме расхода Бетанал МаксПро, МД 1,5 л/га различий в урожайности (45,6-45,8 т/га), сахаристости (17,1-17,2%) и выходе сахара с гектара (6,8 т/га) не выявлено (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность и технологические качества корнеплодов сахарной свеклы при применении гербицида Бетанал МаксПро, МД

Вариант	Густота, тыс. шт./ га	Урожайность, т/га			Сахаристость, %	AmN, ммоль/кг	Выход сахара, т/га
		2010 г.	2011 г.	среднее			
Контроль (ручная прополка)	93	46,8	42,5	44,7	17,1	18,9	6,6
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ 1,0 + 1,0 + 1,0 л/га (эталон)	100	53,3	37,8	45,6	17,2	21,9	6,8
Бетанал МаксПро, МД 1,25 + 1,25 + 1,25 л/га	104	45,1	36,1	40,6	17,2	23,2	6,1
Бетанал МаксПро, МД 1,5 + 1,5 + 1,5 л/га	101	50,6	40,9	45,8	17,1	20,5	6,8
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ 1,5 + 1,5 л/га (эталон)	102	40,3	37,6	39,0	17,4	21,4	5,9
Бетанал МаксПро, МД 1,5 + 1,5 л/га	100	39,8	31,7	35,8	17,1	21,6	5,3
Бетанал МаксПро, МД 1,75 + 1,75 л/га	94	40,2	34,6	37,4	17,3	22,8	5,6
Бетанал МаксПро, МД 1,9 + 1,9 л/га	102	38,4	36,7	37,6	17,6	19,2	5,8
НСР ₀₅		6,2	3,7	5,1	0,8 (0,7-0,9)		0,8 (0,7-0,9)

При двукратной обработке Бетанал МаксПро, МД посевов сахарной свеклы схожие показатели продуктивности по сравнению с эталоном были получены при нормах 1,75-1,9 л/га, однако они были ниже, чем при трехкратной обработке.

Из-за широкого видового разнообразия сорных растений наиболее перспективным направлением защиты сахарной свеклы от сорняков является ис-

пользование баковых смесей гербицидов в 2-3 приема. Причем обязательным компонентом смеси в условиях Беларуси на дерново-подзолистых почвах должен быть почвенный компонент.

Исследования по совместному применению гербицида Голтикс, КС с Бетанал Эксперт ОФ, КЭ и Бетанал МаксПро, МД проводили в 2010-2011 гг. В посевах сахарной свеклы доминировали марь белая, горец вьюнковый, ромашка непахучая, щирица запрокинутая, фиалка полевая, просо куриное.

Установлено, что при использовании баковой смеси Бетанал Эксперт ОФ, КЭ (1,0 л/га) и Голтикс, СК (1,0 л/га) в сравнении с Бетанал Эксперт ОФ, КЭ в чистом виде отмечалось снижение засоренности посевов на 3,1% при первом учете и на 4,0% при втором учете. Различия между этими вариантами по снижению сырой массы сорняков были значительно выше – 9,2%. При использовании баковой смеси указанных выше гербицидов увеличивалась гибель ромашки непахучей, горца почечуйного, щирицы запрокинутой, проса куриного.

Использование гербицида Голтикс, КС в нормах 0,5-0,75 л/га в смеси с Бетанал МаксПро, МД (1,25-1,5 л/га) лишь на 1,7-3,0% повышало биологическую эффективность при первом учете, однако при втором она увеличивалась на 3,3-4,9%. Снижение массы сорняков возрастало при этом на 6,3-8,9% (таблица 3).

Применение гербицида Голтикс, КС с нормой 0,5-0,75 л/га в смеси с Бетанал МаксПро, МД (1,25 л/га) обеспечило более высокую эффективность против мари белой, горца почечуйного, щирицы запрокинутой, проса куриного. При этом следует отметить увеличение биологической эффективности против фиалки полевой на 15,5-17,4% и ромашки непахучей на 46,6-47,3%. Не наблюдалось различий в эффективности против горца вьюнкового и ярутки полевой. При норме расхода Бетанал МаксПро, МД 1,5 л/га повышалась эффективность против щирицы запрокинутой, фиалки полевой, ромашки непахучей, а при норме гербицида Голтикс, КС 0,75 л/га и против проса куриного (таблица 3).

При использовании баковой смеси Бетанал Эксперт ОФ, КЭ (1,0 л/га) и Голтикс, СК (1,0 л/га) в сравнении с Бетанал Эксперт ОФ, КЭ в чистом виде отмечалось увеличение урожайности корнеплодов в среднем на 5,0 т/га (11,0%), причем в 2011 г. она была достоверной. Увеличение урожайности при сохранении одинаковой сахаристости (17,2%) обеспечило рост выхода сахара с гектара на 0,8 т/га (11,8%) (таблица 4).

Использование баковой смеси Бетанал МаксПро, МД (1,25 л/га) и Голтикс, СК (0,5-0,75 л/га) повышало урожайность корнеплодов сахарной свеклы на 7,2-9,4 т/га (17,7-23,1%), причем в 2010 г. увеличение этого показателя было достоверным. При этом отмечена также тенденция увеличения сахаристости на 0,3-0,4%. В среднем за 2 года получена достоверная прибавка выхода сахара с гектара – 1,2-1,5 т/га (19,7-24,6%).

В вариантах, в которых применяли Бетанал МаксПро, МД (1,5 л/га) в смеси с Голтикс, СК (0,5-0,75 л/га) рост урожайности был ниже, чем в предыдущем блоке и составил 3,2-5,6 т/га (7,0-12,2%), причем достоверная прибавка получена лишь при норме расхода гербицида Голтикс, СК 0,75 л/га. Выход сахара с гектара составил 7,3-7,6 т/га, что выше эталона на 0,5-0,8 т/га (7,4-11,8%) (таблица 4).

Таблица 3 – Биологическая эффективность смеси гербицидов Голтикс, КС и с Бетанал МаксПро, МД (среднее за 2010-2011 гг.)

Вариант	Учет 1											Учет 2	Снижение массы сорняков, %
	Всего	В том числе											
		марь беляя	просо ку-ринное	ромашка непахучая	горечичный	горечивый	горечивый	ширица запорожская	ярутка полевая	фиалка полевая			
Контроль* (без прополки)	200,5	65,9	27,4	12,5	6,0	12,0	85,5	12,3	36,3	11,8	162,8	2261,7	
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ (1,0 л/га x 3)	92,2	98,9	64,6	64,3	93,8	85,5	91,7	97,0	86,6	88,6	77,1	86,3	
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ + Голтикс, СК (1,0 + 1,0) л/га x 3	95,3	99,5	80,9	100,0	100,0	84,2	100,0	96,9	86,6	92,6	86,3	86,3	
Бетанал МаксПро, МД (1,25 л/га x 3)	90,3	98,8	63,2	52,7	93,8	87,1	94,0	95,2	73,0	86,5	77,2	77,2	
Бетанал МаксПро, МД + Голтикс, СК (1,25+0,5) л/га x 3	93,3	99,7	70,5	99,4	100,0	87,5	97,2	94,3	90,4	91,3	85,0	85,0	
Бетанал МаксПро, МД + Голтикс, СК (1,25+0,75) л/га x 3	92,8	100,0	72,7	100,0	100,0	88,4	97,2	95,4	88,5	91,4	86,1	86,1	
Бетанал МаксПро, МД (1,5 л/га x 3)	92,4	99,3	72,2	71,8	100,0	95,0	95,1	96,0	84,6	88,8	78,8	78,8	
Бетанал МаксПро, МД + Голтикс, СК (1,5+0,5) л/га x 3	94,1	100,0	71,1	100,0	100,0	90,0	100,0	95,4	91,4	92,1	85,1	85,1	
Бетанал МаксПро, МД + Голтикс, СК (1,5+0,75) л/га x 3	95,3	100,0	76,5	100,0	100,0	93,4	100,0	96,6	92,3	93,0	86,1	86,1	

* - Количество сорняков, шт/м², масса сорняков г/м²

Таблица 4 – Урожайность и технологические качества корнеплодов сахарной свеклы при совместном применении гербицидов Голтикс, СК и Бетанал МаксПро, МД

Вариант	Урожайность, т/га			Сахаристость, %	AmN, ммоль/кг	Выход сахара, т/га
	2010 г.	2011 г.	среднее			
Контроль (ручная прополка)	46,8	42,5	44,7	17,1	18,9	6,6
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ (1,0 л/га x 3)	53,3	37,8	45,6	17,2	21,9	6,8
Бетанал Эксперт ОФ, КЭ + Голтикс, СК (1,0 + 1,0) л/га x 3	57,1	44,0	50,6	17,2	17,9	7,6
Бетанал МаксПро, МД (1,25 л/га x 3)	45,1	36,1	40,6	17,2	23,2	6,1
Бетанал МаксПро, МД + Голтикс, СК (1,25+0,5) л/га x 3	58,1	38,3	48,2	17,6	19,7	7,3
Бетанал МаксПро, МД + Голтикс, СК (1,25+0,75) л/га x 3	60,1	39,8	50,0	17,5	22,8	7,6
Бетанал МаксПро, МД (1,5 л/га x 3)	50,6	40,9	45,8	17,1	20,5	6,8
Бетанал МаксПро, МД + Голтикс, СК (1,5+0,5) л/га x 3	56,2	41,8	49,0	17,3	23,3	7,3
Бетанал МаксПро, МД + Голтикс, СК (1,5+0,75) л/га x 3	56,6	46,2	51,4	17,1	23,4	7,6
НСР ₀₅	6,4	3,9	5,2	0,8 (0,7-0,9)	0,8 (0,7-1,0)	

Выводы

1. Гербицид Бетанал МаксПро, МД можно рекомендовать для применения на посевах сахарной свеклы в нормах 1,5 л/га трехкратно, либо 1,75 л/га двукратно против однолетних двудольных сорняков, что позволяет достаточно эффективно контролировать их численность и обеспечивает урожайность корнеплодов и выход сахара на уровне эталона.

2. В производственных условиях наиболее целесообразно трехкратное применение баковой смеси гербицидов Бетанал МаксПро, МД в норме 1,25 л/га и Голтикс 0,5-0,75 л/га. Это позволяет достаточно эффективно контролировать однолетние двудольные сорняки, а также увеличивает урожайность корнеплодов на 7,2-9,4 т/га, сахаристость на 0,3-0,4%, выход сахара на 1,2-1,5 т/га. При двукратном применении смеси гербицидов Бетанал МаксПро, МД и Голтикс, КЭ оптимальной нормой их расхода является 1,9 + 1,0 л/га, возможно использование их смеси в нормах расхода 1,75 + 1,25 л/га (в годы достаточного увлажнения) при условии контроля проса куриного.

Литература

1. Гаджиева, Г.И. Факторы, влияющие на эффективность гербицидов в посевах сахарной свеклы / Г.И. Гаджиева // Защита растений : сб. науч. тр. / Ин-т защиты растений. – ЧПТУП «Колорград», 2016. – Вып. 40. – С. 11–37.

2. Гаджиева, Г.И. Conviso® Smart – новая технология защиты сахарной свеклы от сорных растений в Беларуси / Г.И. Гаджиева, А.Н. Бобович, О.В. Подковенко // Защита растений : сб. науч. тр. / Ин-т защиты растений. – ЧПТУП «Колорград», 2017. – Вып. 41. – С. 23–37.

3. Гайтокевич, С.Н. Влияние гербицида бетанал эксперт оф и поверхностно-активных веществ на засоренность и урожайность сахарной свеклы / С.Н. Гайтокевич, Н.А. Лукьянюк, Л.А. Булавин // Проблемы сорной растительности и методы борьбы с ней: тез. докл. Междунар. науч. конф., посвящ. памяти Н.И. Протасова и К.П. Паденова, Минск-Прилуки, 22-25 февраля 2010 г. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Институт защиты растений, БСХА; редкол.: С.В. Сорока [и др.]. – Несвиж: Несвиж. укр. тип., 2010. – С.47-50.

4. Гамуев, В.В. Способы снижения расхода гербицидов при обработке сахарной свеклы / В.В. Гамуев, Ю.В. Баранов // Сахарная свекла. – 2013. – №3. – С. 29-31.

5. Лукьянюк, Н.А. Экономическая эффективность применения гербицидов в звене свекловичного севооборота / Н.А. Лукьянюк, С.Н. Гайтокевич, Л.А. Булавин // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – №5. – С.12-17.

6. Методические указания по оценке качества сахарной свеклы. – Москва: ВНИИСП, 1981. – 7 с.

7. Методические указания по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве / Гос. комиссия по хим. средствам б-бы с вредителями, болезнями растений и сорняками МСХ СССР, ВИЗР. – М.: Колос, 1981. – 46 с.

8. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / С.В. Сорока, Т.Н. Лапковская (сост.). – Несвиж, 2007. – 58 с.

9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси ; рук. разработ.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. наука, 2005. – 459 с.

10. Пожарский, В.Г. Повышение эффективности гербицидных обработок сахарной свеклы / В.Г. Пожарский // Сахарная свекла. – 2015. – №3. – С. 34-35.

11. Рябчинская, Т.А. Снижение гербицидного стресса при использовании биостимулятора Стимунол ЕФ / Т.А. Рябчинская, И.Ю. Бобрешова, Г.Л. Харченко // Сахарная свекла. – 2015. – №4. – С. 24-27.

EFFICIENCY OF THE HERBICIDE BETANAL MAXPRO, MD APPLIED TO SUGAR BEET CROPS

N.A. Lukyanyuk, E.V. Turuk

The results of the study of treatment multiplicity, application doses and use of the Betanal MaxPro, MD in the mixture with the herbicide Goltix, CS are presented. It is shown that the herbicide Betanal MaxPro, MD can be recommended for the application to sugar beet in dose of 1.5 l/ha three times or 1.75 l/ha twice against annual dicotyledonous weeds. The use of the preparation provides biological efficiency at the standard level, however, it does not guarantee the necessary sowing purity. Three time application of the herbicide Betanal MaxPro, MD in dose of 1.25 l/ha in the mixture with the Goltix, SC in dose of 0.5-0.75 l/ha allows controlling effectively annual dicotyledonous weeds as well as increases the yield of root crops by 17.7-23.1%, sugar content by 0.3-0.4% in comparison with the use of Betanal MaxPro, MD in its pure form. The increase in sugar output per hectare is 19.7-24.6%.

НОВЫЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ ГЕРБИЦИД КОРУМ, ВРК В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ПОСЕВОВ ГОРОХА ОТ СОРНЯКОВ

М.В. Евсеенко, В.Ч. Шор, М.Н. Крицкий,

Л.И. Гвоздова, кандидаты с.-х. наук

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 26.03.2019)*

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

Аннотация. В статье приведены результаты изучения эффективности применения гербицида Корум, ВРК при внесении его в фазу 1-3 пары листьев гороха. Установлена его достаточно высокая биологическая эффективность при внесении в норме 1,0-1,5 л/га совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га), что позволяет рекомендовать его на горохе для борьбы против однолетних двудольных и злаковых сорняков.

Введение. Возделывание гороха имеет важное значение, поскольку как и другие зернобобовые культуры, он является незаменимым источником белка для питания человека и кормления животных. Однако по ряду причин площади посевов гороха в республике не соответствуют потребности. Одной из причин, сдерживающих повышение продуктивности этой культуры, является повышенная засоренность посевов.

В зависимости от погодных условий вегетационного периода всходы гороха появляются через 1,5-2 недели после посева. До смыкания рядков проходит еще 3-4 недели. Гербакритический период у гороха составляет около 28-35 дней и продолжается от фазы 1-2 пар настоящих листьев до начала бутонизации. Это дает некоторым сорнякам конкурентные преимущества в росте. Горох же начинает отставать в росте по сравнению с сорняками, что в дальнейшем и приводит засорению посевов и в итоге к существенному недобору урожая. Уровень потерь урожая зависит от количества, видового состава сорняков и продолжительности их конкурентных отношений и может достигать 30-50%.

По сравнению с ранними зерновыми культурами посевы гороха больше засорены и имеют определенные различия по видовому составу сорняков. Это, прежде всего, преобладание в сорном ценозе злаковых однолетних и яровых двудольных видов сорняков. В последние годы в связи с появлением современных интенсивных сортов гороха, устойчивых к полеганию и пригодных для прямого комбайнирования, проблема защиты этой культуры от сорняков значительно обострилась. Поэтому получение высоких и стабильных урожаев гороха невозможно без применения высокоэффективных средств защиты растений. Так, в борьбе с сорняками в посевах этой культуры используются гербициды почвенного и послевсходового действия, содержащие прометрин, бентазон, имазамокс, метрибузин и др. [1]. Для расширения уже имеющегося ассортимента гербицидов, разрешенных к применению на посевах гороха, нами был изучен гербицид Корум, ВРК (имазамокс, 22,4 г/л + бентазон, 480 г/л), ф. БАСФ СЕ, Германия для его последующей регистрации на территории Беларуси.

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 – 5,6-6,1; содержание P_2O_5 175-185 мг/кг, K_2O – 230-260 мг/кг почвы, гумус – 2,5%). Предшественник – озимые зерновые. Агротехника возделывания гороха – общепринятая для Беларуси. Опыты закладывали в четырехкратной повторности. Площадь делянки – 50 м². Расположение делянок рендомизированное. Гербицид Корум, ВРК вносили в фазу 1-3 пары настоящих листьев культуры. Норма расхода рабочего раствора – 200 л/га. Объектом исследования являлся сорта гороха *Миллениум*. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений велись в течение вегетационного периода. Количественный учет засоренности посевов проводили перед внесением гербицидов, на 60-й день после химической прополки и перед уборкой культуры, а количественно-весовой – на 30-й день после химпрополки. 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 [3].

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

В 2017 г. отмечалась поздняя весна с низкими температурами и избыточной влагообеспеченностью в начальный период вегетации. В конце апреля – начале мая в период посев – всходы количество выпавших осадков было выше среднепогодных значений на фоне пониженной температуры воздуха. В дальнейшем в период май – июнь температурный фон незначительно на 1,6-2,3 °С превышал среднепогодные значения, а количество выпавших осадков значительно уступало среднему показателю по годам. За основную часть вегетационного периода (май-август) сумма активных температур была ниже нормы на 1,7%, а количество атмосферных осадков превышало среднепогодный уровень на 9,0% при крайне неравномерном их выпадении.

В 2018 г. в конце апреля – начале мая в период посев – всходы температура воздуха превышала среднепогодные значения на 2-6 °С при практически полном отсутствии осадков. Теплым и засушливым был практически весь вегетационный период. За основную его часть (первая декада мая – третья декада июня), когда растения достигли начала налива зерна, сумма активных температур была выше нормы на 14,9%, а количество атмосферных осадков ниже на 46,6%. С учетом интенсивного выпадения осадков в июле при относительно невысокой среднесуточной температуре воздуха ее сумма за весь период вегетации гороха была выше нормы на 10,7%, а количество атмосферных осадков ниже на 4,2%.

Результаты исследований и обсуждение. Учеты засоренности посевов гороха перед обработкой показали, что опытные участки характеризовались различной степенью засоренности по годам исследований. Так, в 2017 г. преобладающими видами сорняков по вариантам являлись просо куриное – 86-104

шт./м², фиалка полевая – 38-50 шт./м², ярутка полевая – 28-40 шт./м², ромашка непахучая – 6-12 шт./м², пикульник обыкновенный – 5-11 шт./м², виды горцев – 2-6 шт./м², марь белая – 3-6 шт./м². Общая засоренность посевов в зависимости от варианта до применения гербицидов составила 181-218 шт./м² (таблица 1).

В 2018 г. основу сорного ценоза в посевах гороха до внесения гербицидов составляли фиалка полевая – 270-289 шт./м², марь белая – 28-57 шт./м², пикульник обыкновенный – 8-16 шт./м², ярутка полевая – 7-16 шт./м², просо куриное – 8-15 шт./м², виды горцев – 7-12 шт./м². Общее количество сорных растений до химической прополки посевов варьировало в пределах от 342 до 395 шт./м² в зависимости от варианта.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что биологическая эффективность изучаемых гербицидов в значительной степени зависела от метеорологических условий, складывающихся в период вегетации растений. В среднем за 2017-2018 гг. при внесении гербицида Корум, ВРК в фазу 1-3 пары листьев культуры в нормах 1,0 и 1,5 л/га совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) биологическая эффективность этого препарата составила 81,1-87,9%. У эталонного гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) этот показатель был равен в среднем за период исследований 82,1%, что превысило аналогичное значение по варианту с использованием Корум, ВРК (1,0 л/га) в среднем на 1,0%, но было ниже, чем при внесении Корум, ВРК (1,5 л/га) на 5,8% (таблица 2).

Учет сорных растений на 30-й день после внесения гербицидов количественно-весовым методом показал, что применение гербицида Корум, ВРК обеспечивало не только снижение засоренности посевов гороха, но и массы сорняков. Так, применение гербицида Корум, ВРК в фазу 1-3 пары листьев культуры в нормах 1,0 и 1,5 л/га совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) обеспечило снижение массы сорняков в среднем за период исследований на уровне 84,4-88,1%.

Эталонный гербицид Пульсар, ВР (1,0 л/га), внесенный в указанную выше фазу, уменьшил массу сорняков в среднем за период исследований на 84,9%, что соответствовало уровню аналогичного показателя в варианте внесения гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га), но было ниже по сравнению с вариантом, где использовали Корум, ВРК в норме 1,5 л/га на 3,2%.

Определение численности сорных растений перед уборкой гороха показало, что в среднем за 2017-2018 гг. при внесении гербицида Корум, ВРК в нормах 1,0 и 1,5 л/га совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) биологическая эффективность находилась в пределах 80,9-87,7%. Этот показатель у эталонного гербицида Пульсар, ВР (1,0 л/га) составил в среднем 83,2% и превысил аналогичный показатель варианта с применением гербицида Корум, ВРК (1,0 л/га) на 2,3%, но был ниже при его использовании в норме 1,5 л/га на 4,5% (таблица 3).

Основным показателем эффективности изучаемых агроприемов является их влияние на урожайность возделываемых культур. Установлено, что применение гербицида Корум, ВРК в фазу 1-3 пары листьев культуры в нормах 1,0 и 1,5 л/га совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) обеспечило урожайность зерна 31,7-33,2 ц/га. Прибавка составила в среднем 3,7 и 5,2 ц/га или 13,2 и 18,6%. Эталонный гербицид Пульсар, ВР (1,0 л/га) обеспечил прибавку урожайности зерна гороха 4,0 ц/га или 14,3% (таблица 4).

Таблица 1 – Засоренность посевов гороха до применения гербицидов, шт./м²

Вариант	Вид сорняков							Всего
	Мать белая	Просо куриное	Виды горцев	Ярутка полевая	Фиалка полевая	Пикульник	Ромашка непахучая	
2017 г.								
Контроль (без обработки)*	5	100	6	40	46	11	10	218
Пульсар (1,0 л/га) эталон	6	104	2	36	50	8	6	212
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	3	86	5	28	38	9	12	181
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	6	92	4	38	40	5	9	194
2018 г.								
Контроль (без обработки)*	57	8	12	13	289	16	-	395
Пульсар (1,0 л/га) эталон	27	9	9	14	278	16	-	353
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	37	8	7	16	270	8	-	346
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	28	15	10	7	270	12	-	342

Таблица 2 – Биологическая эффективность гербицидов на 30 день после их внесения, %

Вариант опыта	Вид сорняков										Всего
	Марь белая	Просо куриное	Виды горцев	Ярутка полевая	Фиалка полевая	Пикульник	Ромашка непахучая				
2017 г.											
Контроль (без обработки)*	$\frac{4}{15,3}$	$\frac{132}{126,5}$	$\frac{5}{7,8}$	$\frac{32}{36,8}$	$\frac{38}{46,0}$	$\frac{11}{15,0}$	$\frac{8}{12,0}$	$\frac{230}{259,6}$			
Пульсар (1,0 л/га) эталон	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{87,9}{87,4}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{47,4}{60,9}$	$\frac{90,9}{93,3}$	$\frac{75,0}{82,5}$	$\frac{83,0}{85,7}$			
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	$\frac{75,0}{89,5}$	$\frac{84,8}{90,5}$	$\frac{60,0}{79,5}$	$\frac{96,9}{95,9}$	$\frac{36,8}{52,4}$	$\frac{81,8}{86,0}$	$\frac{87,5}{90,8}$	$\frac{77,8}{83,9}$			
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{90,9}{91,1}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{52,6}{67,8}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{87,0}{89,9}$			
2018 г.											
Контроль (без обработки)*	$\frac{54}{135}$	$\frac{12}{14}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{269}{250}$	$\frac{16}{10}$	=	$\frac{375}{435}$			
Пульсар (1,0 л/га) эталон	$\frac{88,9}{90,3}$	$\frac{83,3}{85,7}$	$\frac{87,5}{83,3}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{77,7}{79,2}$	$\frac{87,5}{85,0}$	=	$\frac{81,1}{84,0}$			
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	$\frac{92,6}{91,8}$	$\frac{91,7}{92,8}$	$\frac{75,0}{66,6}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{81,4}{80,0}$	$\frac{87,5}{93,0}$	=	$\frac{84,3}{84,9}$			
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	$\frac{94,4}{94,0}$	$\frac{91,7}{92,8}$	$\frac{87,5}{83,3}$	$\frac{100,0}{100,0}$	$\frac{86,6}{80,8}$	$\frac{93,8}{86,0}$	=	$\frac{88,8}{86,3}$			

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

Таблица 3 – Биологическая эффективность гербицидов на 60 день после их внесения, %

Вариант	Вид сорняков										Всего	
	Марь белая	Просо куриное	Виды горцев	Ярутка полевая	Фиалка полевая	Пикульник	Ромашка пахучая					
2017 г.												
Контроль (без обработки)*	14	152	12	36	44	14	13					302
Пульсар (1,0 л/га) эталон	100,0	84,9	100,0	100,0	45,5	100,0	84,6					82,8
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	92,9	83,6	83,3	97,2	43,2	85,7	92,3					80,0
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	100,0	84,2	100,0	100,0	59,1	100,0	100,0					85,3
2018 г.												
Контроль (без обработки)*	49	18	6	4	28	16	-					121
Пульсар (1,0 л/га) эталон	95,9	72,2	83,3	100,0	64,3	87,5	-					83,5
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	93,9	66,7	83,3	100,0	64,3	87,5	-					81,8
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	95,9	83,3	100,0	100,0	78,6	93,8	-					90,1

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

Таблица 4 – Влияние гербицидов на урожайность зерна гороха

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожайность, ц/га			Прибавка к контролю	
		2017 г.	2018 г.	среднее	ц/га	%
Контроль (без обработки)	-	33,4	22,6	28,0	-	-
Пульсар, ВР (эталон)	1,0 л/га	38,4	25,6	32,0	4,0	14,3
Корум, ВРК	1,0 л/га+ ПАВ ДАШ 1,0 л/га	37,1	26,3	31,7	3,7	13,2
Корум, ВРК	1,5 л/га+ ПАВ ДАШ 1,0 л/га	39,2	27,2	33,2	5,2	18,6
НСР ₀₅		3,6	2,9			

Обработка посевов гороха гербицидом Корум, ВРК оказала положительное влияние на формирование элементов структуры урожая. Анализ этих показателей свидетельствует о том, что под влиянием применения этого гербицида увеличилось количество бобов на одном растении, количество семян с растения, масса семян с растения и масса 1000 семян (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние гербицида Корум, ВРК на формирование элементов структуры урожая гороха (среднее за 2017-2018 гг.)

Вариант	Элементы структуры урожая						
	Число растений к уборке, шт/м ²	Высота растений, см	Количество бобов на 1 растении, шт.	Количество семян в бобе, шт.	Количество семян с 1 растения, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Контроль (без обработки)	73	80,5	5,6	4,2	22,3	4,5	201,8
Пульсар (1,0 л/га) эталон	78	94	7	4,3	29,2	5,8	200,8
Корум 1,0 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	77	91,7	7,1	4	28,2	5,7	205,1
Корум 1,5 л/га + ПАВ ДАШ 1,0 л/га	79	87,8	6,7	4,2	27,6	5,7	208,1

Гербицид Пульсар, ВР в норме 1,0 л/га при обработке посевов в фазу 1-3 пары листьев культуры способствовал улучшению элементов структуры урожая по сравнению с контрольным вариантом.

Заключение

Гербицид Корум, ВРК показал достаточно высокую биологическую эффективность против однолетних двудольных и злаковых сорняков и может быть рекомендован при возделывании гороха в норме расхода 1,0-1,5 л/га совместно с ПАВ ДАШ (1,0 л/га) против однолетних двудольных и злаковых сорняков в фазу 1-3 пары настоящих листьев культуры.

Литература

1. Пleshko, Л.В. Государственный реестр средств защиты (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Пleshko Л.В. [и др.]; Справочное издание. – Минск: «Акварель принт» ООО «Промкомплекс», 2014. – 628 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта /Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Мн.: «ФУАинформ», 2000. – 264 с.

NEW COMBINED HERBICIDE KORUM, VRK IN THE SYSTEM OF PEA PROTECTION FROM WEEDS

M.V. Evseenko, V.Ch. Shor, M.N. Kritsky, L.I. Gvozдова

The paper demonstrates the results of the research into the efficiency of the herbicide Korum, VRK when it's applied at the stage of 1-3 pair of pea leaves. Its rather high biological effectiveness is established when it is applied in a dose of 1,0-1,5 l/ha together with the surface active agent DASH (1,0 l/ha) what allows recommending it for application to pea against annual dicotyledonous and grass weeds.

УДК 633.853.494«324»:631.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ

Л.А. Булавин, доктор с.-х. наук, **А.П. Гвоздов**, кандидат с.-х. наук, **Д.Н. Куцев**, аспирант, **А.В. Ленский***, кандидат экономических наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

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

(Поступила 28.01.2019)

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

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по совершенствованию технологии возделывания озимой пшеницы. Установлено, что при выращивании ее на высококультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве по интенсивной технологии после гороха наибольший экономический эффект обеспечили дискование и чизелевание с внесением азота в дозе $N_{70+70+20}$, а после рапса и овса – чизелевание при таком же уровне азотного питания растений.

Для решения проблемы самообеспечения Беларуси высококачественным зерном важнейшее значение имеет возделывание озимой пшеницы. Уровень урожайности этой культуры в почвенно-климатических условиях республики в значительной степени зависит от предшественников, сроков и способов обработки почвы, применения минеральных удобрений, прежде всего, азотных и средств защиты растений [3]. Оптимизация указанных выше агроприемов в конкретных условиях произрастания позволит в максимальной степени реализовать потенциал продуктивности этой культуры.

Условия и методика проведения исследований. В 2016-2018 гг. в Смолевичском районе Минской области проводили исследования по совершенство-

ванию основных элементов технологии возделывания озимой пшеницы. Опыты закладывали на высокоокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве (содержание гумуса – 2,45-2,67%, P_2O_5 – 303-314 мг/кг, K_2O – 289-301 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,9-6,3) в трехфакторном полевом опыте, схема которого будет представлена ниже. Площадь делянки первого порядка (предшественник) составляла 1440 м² (30x48 м), второго (способ обработки почвы) – 360 м² (30x12 м), третьего (доза азота) – 72 м² (6x12 м). Предшественники озимой пшеницы (горох, рапс, овес) возделывали по вспашке. После уборки изучаемых предшественников и отрастания сорняков на опытном участке применяли гербицид Торнадо, ВР (3,0 л/га). При проявлении гербицидного эффекта проводили дискование и закладку вариантов с основной обработкой почвы (вспашка, чизелевание, дискование). Фосфорные и калийные удобрения в дозе $P_{60}K_{120}$ вносили перед проведением основной обработки почвы. Озимую пшеницу сорта *Августина* высевали во второй декаде сентября с помощью комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата KUNH Fastliner 3000. Норма высева семян – 4,0 млн./га всхожих семян. Перед посевом семена озимой пшеницы обрабатывали препаратом Кинто Дуо, КС (2,0 л/га). Осенью в фазу 2-3 листьев культуры вносили гербицид Алистер Гранд, МД (0,8 л/га). Азотные удобрения весной применяли в соответствии со схемой опыта. Для защиты озимой пшеницы от болезней весной в начале выхода в трубку (ДК 31) посеvy обрабатывали фунгицидом Зантара, КЭ (0,8 л/га), а в фазу флагового листа (ДК 37) применяли фунгицид Прозаро, КЭ (0,8 л/га). Уборку озимой пшеницы проводили поделочно прямым комбайнированием с последующим пересчетом урожайности зерна на стандартную влажность (14%).

В период проведения исследований метеорологические условия во время вегетации озимой пшеницы существенно отличались от среднеголетних показателей как по температурному режиму, так и по количеству выпавших атмосферных осадков. Так, в 2017 г. вегетационный период этой культуры (май-август) характеризовался избыточным увлажнением и гидротермический коэффициент (ГТК) составил 1,74 при среднеголетнем значении 1,63. В 2016 г. и 2018 г. этот показатель был равен соответственно 1,38 и 1,17, что свидетельствует о недостаточном увлажнении этих вегетационных периодов. Наличие дефицита влаги в почве в течение значительной части периода вегетации озимой пшеницы в годы исследований оказало существенное влияние на засоренность и урожайность зерна этой культуры, а также на характер ее зависимости от изучаемых элементов технологии возделывания.

Результаты исследований и их обсуждение. При возделывании озимой пшеницы на высокоокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве по интенсивной технологии в условиях недостаточного увлажнения численность сорняков в ее посевах на изучаемых предшественниках и способах основной обработки почвы, как правило, была ниже экономического порога вредоносности. В таких условиях традиционная отвальная вспашка, как правило, не имела существенного преимущества по урожайности по сравнению с другими изучаемыми способами обработки почвы. В среднем за период исследований наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы (55,0-55,1 ц/га) была получена

при ее возделывании после гороха по вспашке и чизелеванию с внесением азота в дозе $N_{70+70+20}$. Дополнительное внесение азота в сложившихся условиях не обеспечило формирование такого же уровня урожайности озимой пшеницы, как и при ее возделывании после рапса и овса (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от предшественников, способов обработки почвы, доз и сроков внесения азотных удобрений, ц/га (среднее за 2016-2018 гг.)

Предшественник	Способ обработки почвы	$N_{20}P_{60}K_{120}$ -фон	Фон + N_{70+50}	Фон + N_{70+70}	Фон+ $N_{70+70+20}$	Фон+ $N_{70+70+20+20}$
Овес	Вспашка	35,6	48,4	51,4	52,8	52,8
	Чизелевание	34,7	47,9	51,1	52,4	52,1
	Дискование	33,6	47,0	50,3	52,1	51,9
Рапс	Вспашка	37,8	50,6	52,8	54,2	53,8
	Чизелевание	37,1	50,3	52,9	54,3	54,4
	Дискование	36,0	49,6	52,1	53,5	53,5
Горох	Вспашка	39,0	51,8	53,8	55,0	54,9
	Чизелевание	38,6	51,6	53,9	55,1	55,1
	Дискование	37,6	51,1	53,2	54,8	54,6

HCP_{05} предшественник 0,6-1,6

HCP_{05} обработка почвы 0,7-2,0

HCP_{05} азот 0,7-2,4

Примечание: N_{20} до посева в составе фосфорных удобрений, 1-й срок внесения азота – начало активной вегетации растений, 2-й срок – начало выхода в трубку, 3-й срок – флаговый лист, 4-й срок – колосение.

Для получения более объективной оценки результатов исследований был проведен их экономический анализ. С этой целью нами были определены эксплуатационные затраты на выполнение технологических операций по возделыванию озимой пшеницы современным комплексом отечественных машин (таблица 2). Расчеты проводили по методике определения показателей эффективности новой техники, применяемой в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [1, 2]. При расчете эксплуатационных затрат учитывались амортизационные отчисления на используемую технику, затраты на ее обслуживание и ремонт, заработную плату механизаторов, топливо и энергию, а также прочие затраты.

В соответствии с проведенными расчетами при возделывании озимой пшеницы по технологии, предусматривающей применение после уборки предшественников гербицида на основе глифосата, проведение отвальной вспашки, внесение гербицидов для уничтожения сорняков в период вегетации культуры, проведение четырех азотных подкормок, двукратное использование фунгицидов для защиты посевов от болезней при урожайности зерна 40 ц/га, эксплуатационные затраты составляют 704,14 руб./га (таблица 2). В изучаемых вариантах опыта указанный выше показатель изменялся в зависимости от способа обра-

Таблица 2 – Расчет эксплуатационных затрат на возделывание озимой пшеницы

1	2	3	4	5	6	7	8
Технологическая операция	Состав агрегата	Заработная плата, руб./га	Амортизация, руб./га	Обслуживание и ремонт, руб./га	Топливо и энергия, руб./га	Прочие, руб./га	Всего, руб./га
Подвоз воды	Беларус-1523 + МЖТ-Ф-11	0,08	0,78	0,45	0,39	0,18	1,87
Внесение гербицидов	Беларус-820 + Мекосан-2500-24	0,76	2,32	1,25	1,23	0,55	6,10
Дискование	Беларус-3022 + АПД-7,5	1,11	6,14	3,88	13,16	2,42	26,72
Погрузка удобрений	Амкодор-211	0,06	0,68	0,35	0,10	0,12	1,31
Транспортировка и внесение калийных удобрений	Беларус-1221 + РУ-7000	0,78	7,76	4,08	2,42	1,50	16,54
Погрузка удобрений	Амкодор-211	0,04	0,45	0,23	0,06	0,08	0,86
Транспортировка и внесение фосфорных удобрений	Беларус-1221 + РУ-7000	0,51	5,07	2,65	1,58	0,98	10,78
Вспашка	Беларус-3022 + ППО-8-40К	3,00	19,07	11,60	33,72	6,75	74,14
Культивация	«Беларус-2022» + АКШ-9	1,37	3,74	2,42	7,20	1,46	16,19
Протравливание семян	УПС-10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Погрузка семян	Вручную	0,12	-	-	-	0,02	0,14
Транспортировка семян и загрузка сеялок	«Газель»	0,02	0,02	0,00	0,08	0,02	0,14
Предпосевная обработка почвы и посев	«Беларус-3022» + АПП-6-01	2,26	27,32	15,19	17,90	6,26	68,94
Подвоз воды	«Беларус-1523» + МЖТ-Ф-11	0,08	0,78	0,45	0,39	0,18	1,87
Внесение гербицидов	«Беларус-820» + «Мекосан-2500-24»	0,76	2,32	1,25	1,23	0,55	6,10

		Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6	7	8
Погрузка удобрений	«Амкодор-211»	0,04	0,45	0,23	0,06	0,08	0,86
Транспортировка и внесение азотных удобрений	«Беларус-1221» + РУ-7000	0,51	5,07	2,65	1,58	0,98	10,78
Погрузка удобрений	«Амкодор-211»	0,04	0,45	0,23	0,06	0,08	0,86
Транспортировка и внесение азотных удобрений	«Беларус-1221» + РУ-7000	0,51	5,07	2,65	1,58	0,98	10,78
Подвоз воды	«Беларус-1523» + МЖТ-Ф-11	0,08	0,78	0,45	0,39	0,18	1,87
Внесение фунгицидов	«Беларус-820» + «Мекосан-2500-24»	0,84	2,59	1,37	1,23	0,60	6,63
Погрузка удобрений	«Амкодор-211»	0,04	0,45	0,23	0,06	0,08	0,86
Транспортировка и внесение азотных удобрений	«Беларус-1221» + РУ-7000	0,51	5,07	2,65	1,58	0,98	10,78
Подвоз воды	«Беларус-1523» + МЖТ-Ф-11	0,08	0,78	0,45	0,39	0,18	1,87
Внесение фунгицидов	«Беларус-820» + «Мекосан-2500-24»	0,84	2,59	1,37	1,23	0,60	6,63
Погрузка удобрений	«Амкодор-211»	0,04	0,45	0,23	0,06	0,08	0,86
Транспортировка и внесение азотных удобрений	«Беларус-1221» + РУ-7000	0,51	5,07	2,65	1,58	0,98	10,78
Прямое комбайнирование с измельчением соломы	КЭС-1218 «Поле-сье» + ПР-7	11,93	151,44	83,21	33,72	28,02	308,33
Транспортировка зерна (4,0 т/га)	МА3-555102-225	2,26	3,39	1,72	8,78	1,62	17,77
Очистка и сушка семян	СЗШ-40МГ	0,76	40,41	10,10	23,99	7,53	82,78
ВСЕГО		29,91	300,53	154,00	155,72	63,98	704,14

ботки почвы, применения азотных удобрений и величины урожайности зерна в пределах 536,94-741,70 руб./га.

Производственные затраты рассчитывали дифференцированно по всем вариантам опыта, учитывая способ обработки почвы, применение азотных удобрений в ценах по состоянию на 01.04.2018. В соответствии с проведенными расчетами производственные затраты на возделывание озимой пшеницы изменялись по вариантам опыта в пределах 1068,58-1517,51 руб./га (таблица 3).

Таблица 3 – Расчет производственных затрат на возделывание озимой пшеницы (среднее за 2016-2018 гг.)

Предшественник	Способ обработки почвы	Доза азота	Семена, руб./га	Минеральные удобрения, руб./га	Пестициды, руб./га	Эксплуатационные затраты, руб./га	Производственные затраты, руб./га
1	2	3	4	5	6	7	8
Овес	Вспашка	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	646,58	1178,22
		Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,22	702,08	1396,50
		Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,22	709,62	1431,17
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,22	724,77	1473,45
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,22	736,42	1512,23
	Чизелевание	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	608,29	1139,93
		Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,22	664,79	1359,21
		Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,22	672,84	1394,39
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,22	687,76	1436,44
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,22	698,64	1474,45
	Дискование	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	594,14	1125,78
		Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,22	651,14	1345,56
		Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,22	659,45	1381,00
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,22	675,36	1424,04
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,22	686,75	1462,56
	Рапс яровой	Вспашка	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	652,11
Фон + N ₇₀₊₅₀			95,48	282,72	316,22	707,59	1402,01
Фон + N ₇₀₊₇₀			95,48	309,85	316,22	713,13	1434,68
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀			95,48	336,98	316,22	728,30	1476,98
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀			95,48	364,11	316,22	738,93	1514,74
Чизелевание		N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	614,34	1145,98
		Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,22	670,83	1365,25
		Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,22	677,37	1398,92
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,22	692,54	1441,22
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,22	704,43	1480,24
Дискование		N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	600,18	1131,82
		Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,22	657,67	1352,09
		Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,22	663,97	1385,52
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,22	679,14	1427,82
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,22	690,78	1466,59

Продолжение таблицы 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	
Горох	Вспашка	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	655,14	1186,78	
		Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,22	710,62	1405,04	
		Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,22	715,65	1437,20	
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,22	730,31	1478,99	
	Чизелевание	Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,22	741,70	1517,51	
		N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	618,10	1149,74	
		Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,22	674,09	1368,51	
		Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,22	679,88	1401,43	
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,22	694,55	1443,23	
	Дискование	Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,22	706,19	1482,00	
		N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,22	604,20	1135,84	
		Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,22	661,45	1355,87	
		Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,22	666,74	1388,29	
		Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,22	682,40	1431,08	
			Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,22	693,53	1469,34

Анализ показателей экономической эффективности свидетельствует о том, что при возделывании озимой пшеницы после овса и реализации зерна по цене продовольственного 3-го класса наибольший чистый доход (479,63 руб./га) был получен в варианте с чизелеванием и внесением азота в дозе N₇₀₊₇₀₊₂₀. Рентабельность при этом составила 33,39%, а себестоимость зерна 27,41 руб./ц. В варианте с дискованием чистый доход составил 477,40, т.е. снижался по сравнению с чизелеванием на 2,23 руб./га (0,5%). Рентабельность в этом варианте была равна 33,52 %, себестоимость 27,39 руб./ц. Вспашка после указанного выше зернового предшественника при таком уровне азотного питания растений обеспечила чистый доход 457,25 руб./га, что ниже по сравнению с чизелеванием на 22,38 руб./га (4,7%). Рентабельность при этом составила 31,03%, себестоимость 27,91 руб./ц. Необходимо отметить, что в сложившихся в период исследований погодных условиях с преобладанием недостаточного увлажнения, даже на безазотном фоне высокозатратная вспашка незначительно уступала чизелеванию по основным показателям экономической эффективности возделывания озимой пшеницы. Такая же закономерность отмечалась и в вариантах, где применяли азот в дозе N₇₀₊₅₀ и N₇₀₊₇₀. При внесении максимальной дозы азота (N₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀) отмечалось уменьшение экономических показателей по сравнению не только с дозой азота N₇₀₊₇₀₊₂₀, но и с N₇₀₊₇₀ (таблица 4).

В блоке опыта, где озимую пшеницу возделывали после рапса, максимальный чистый доход был также получен в варианте с чизелеванием и использованием азота в дозе N₇₀₊₇₀₊₂₀. В этом случае указанный выше показатель составил 544,32 руб./га при рентабельности 37,77%, и себестоимости 26,54 руб./ц.

В варианте с чизелеванием и использованием азота в дозе N₇₀₊₇₀ чистый доход составил 535,43 руб./га, рентабельность – 38,27%, себестоимость 26,44 руб./ц. При возделывании озимой пшеницы после этого крестоцветного предшественника по дискованию с внесением азота в дозе N₇₀₊₇₀₊₂₀ чистый доход составил 528,47 руб./га, рентабельность 37,01%, себестоимость 26,69 руб./ц. Следовательно, два указанных выше варианта уступали наиболее эффективному в

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы (средне за 2016-2018 гг.)

Предшественник	2	3	4	5	6	7	8	9
Впашка	Впашка	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	35,6	1301,76	1178,22	123,54	10,49	33,10
		Фон + N ₇₀₋₅₀	48,4	1769,80	1396,50	373,30	26,73	28,85
		Фон + N ₇₀₋₇₀	51,4	1879,50	1431,17	448,33	31,33	27,84
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	52,8	1930,70	1473,45	457,25	31,03	27,91
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀₊₂₀	52,8	1930,70	1512,23	418,47	27,67	28,64
Овес	Чизелевание	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	34,7	1268,85	1139,93	128,92	11,31	32,85
		Фон + N ₇₀₋₅₀	47,9	1751,52	1359,21	392,31	28,86	28,38
		Фон + N ₇₀₋₇₀	51,1	1868,53	1394,39	474,14	34,00	27,29
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	52,4	1916,07	1436,44	479,63	33,39	27,41
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀₊₂₀	52,1	1905,10	1474,45	430,65	29,21	28,30
Дискование	Дискование	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	33,6	1228,62	1125,78	102,84	9,13	33,51
		Фон + N ₇₀₋₅₀	47	1718,61	1345,56	373,05	27,72	28,63
		Фон + N ₇₀₋₇₀	50,3	1839,28	1381,00	458,28	33,18	27,46
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	52	1901,44	1424,04	477,40	33,52	27,39
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀₊₂₀	51,9	1897,79	1462,56	435,23	29,76	28,18
Рапс яровой	Впашка	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	37,8	1382,20	1183,75	198,45	16,76	31,32
		Фон + N ₇₀₋₅₀	50,6	1850,25	1402,01	448,24	31,97	27,71
		Фон + N ₇₀₋₇₀	52,8	1930,70	1434,68	496,02	34,57	27,17
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	54,2	1981,89	1476,98	504,91	34,19	27,25
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀₊₂₀	53,8	1967,26	1514,74	452,52	29,87	28,16
Чизелевание	Чизелевание	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	37,1	1356,61	1145,98	210,63	18,38	30,89
		Фон + N ₇₀₋₅₀	50,3	1839,28	1365,25	474,03	34,72	27,14
		Фон + N ₇₀₋₇₀	52,9	1934,35	1398,92	535,43	38,27	26,44
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	54,3	1985,54	1441,22	544,32	37,77	26,54
		Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀₊₂₀	54,4	1989,20	1480,24	508,96	34,38	27,21

		Продолжение таблицы 4							
2	3	4	5	6	7	8	9		
Дискование	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	36,0	1316,38	1131,82	184,56	16,31	31,44		
	Фон + N ₇₀₋₇₀	49,6	1813,68	1352,09	461,59	34,14	27,26		
	Фон + N ₇₀₋₇₀	52,1	1905,10	1385,52	519,58	37,50	26,59		
	Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	53,5	1956,29	1427,82	528,47	37,01	26,69		
Вспашка	Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	53,5	1956,29	1466,59	489,70	33,39	27,41		
	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	39,0	1426,08	1186,78	239,30	20,16	30,43		
	Фон + N ₇₀₋₅₀	51,8	1894,13	1405,04	489,09	34,81	27,12		
	Фон + N ₇₀₋₇₀	53,8	1967,26	1437,20	530,06	36,88	26,71		
Чизелевание	Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	55,0	2011,14	1478,99	532,15	35,98	26,89		
	Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	54,9	2007,48	1517,51	489,97	32,29	27,64		
	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	38,6	1411,46	1149,74	261,72	22,76	29,79		
	Фон + N ₇₀₋₅₀	51,6	1886,82	1368,51	518,31	37,87	26,52		
Дискование	Фон + N ₇₀₋₇₀	53,9	1970,92	1401,43	569,49	40,64	26,00		
	Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	55,1	2014,80	1443,23	571,57	39,60	26,19		
	Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	55,1	2014,80	1482,00	532,80	35,95	26,90		
	N ₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	37,6	1374,89	1135,84	239,05	21,05	30,21		
Горох	Фон + N ₇₀₋₅₀	51,1	1868,53	1355,87	512,66	37,81	26,53		
	Фон + N ₇₀₋₇₀	53,2	1945,32	1388,29	557,03	40,12	26,10		
	Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	54,8	2003,83	1431,08	572,75	40,02	26,11		
	Фон + N ₇₀₋₇₀₊₂₀	54,6	1996,51	1469,34	527,17	35,88	26,91		

этом блоке опыта чизелеванию по чистому доходу 8,89-15,85 руб./га (1,6-2,9%). При возделывании озимой пшеницы по вспашке с внесением азота в дозе $N_{70+70+20}$ чистый доход составил 504,91 руб./га, что ниже по сравнению с чизелеванием при этом уровне азотного питания растений на 39,41 руб./га (7,2%), рентабельность в этом случае снижалась на 3,58%, а себестоимость на увеличивалась на 0,71 руб./ц. При возделывании озимой пшеницы без внесения азотных удобрений, а также с использованием других изучаемых доз азота чизелевание также обеспечило более высокий экономический эффект по сравнению со вспашкой и дискованием.

При выращивании озимой пшеницы после наиболее благоприятного из изучаемых предшественников, которым является горох, наибольший чистый доход (571,57-572,75 руб./га) в сложившихся условиях обеспечили дискование и чизелевание с внесением азота в дозе $N_{70+70+20}$. Различия по этому показателю в указанных выше вариантах составили лишь 0,2%. Рентабельность при этом была равна 39,6-40,02%, а себестоимость зерна 26,11-26,19 руб./ц. Вспашка при таком уровне азотного питания растений обеспечила чистый доход 532,15 руб./га, что ниже по сравнению с дискованием и чизелеванием на 39,42-40,60 руб./га (6,9-7,1%) при снижении рентабельности на 3,62-4,04% и увеличении себестоимости зерна на 0,70-0,78 руб./ц. Необходимо отметить, что на безазотном фоне и при внесении других изучаемых доз азота наиболее высокие экономические показатели в этом блоке опыта были получены в варианте с чизелеванием.

Выводы

1. При возделывании озимой пшеницы на высокоокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве с интенсивной защитой посевов от сорняков и болезней в условиях преобладания в период вегетации недостаточного увлажнения вспашка не имела преимуществ перед чизелеванием и дискованием независимо от уровня азотного питания растений. Наибольший чистый доход (571,57-572,75 руб./га) был получен при возделывании озимой пшеницы после гороха по дискованию и чизелеванию с внесением азота в дозе $N_{70+70+20}$. Рентабельность при этом составила 39,60-40,02%, а себестоимость зерна – 26,11-26,19 руб./ц.

2. Доза азота $N_{70+70+20}$ в сложившихся условиях обеспечила наибольший экономический эффект при размещении в севообороте озимой пшеницы после рапса и овса. При возделывании после крестоцветного и зернового предшественников наибольший чистый доход был получен по чизелеванию и составил соответственно 544,32 и 479,63 руб./га при рентабельности 37,77 и 33,39% и себестоимости зерна 26,54 и 27,41 руб./ц. Дискование в этом случае снижало чистый доход в зависимости от предшественника на 2,23 и 15,85 руб./га при уменьшении рентабельности не более чем на 0,76% и увеличении себестоимости зерна на 0,15 руб./ц.

Литература

1. *Апресян, О.Г.* Эффективность различных технологий возделывания озимого рапса / О.Г. Апресян, Л.А. Булавин, А.В. Ленский // *Аграрная экономика*. – 2014 – № 12 – С. 32-39
2. Испытание сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151-2008. – Введ. 17.11.2008. – Минск: Минсельхозпрод, Белорус. машиноиспытательная станция, 2008. – 15 с.
3. *Коптик, И.К.* Прогрессивная технология выращивания продовольственного зерна озимой пшеницы / И.К. Коптик, С.Н. Куликович, Т.Д. Карпович // *Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сборник научных материалов, 2-е изд., доп. и перераб.* / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С.87-102.

EFFICIENCY OF WINTER WHEAT CULTIVATION AT DIFFERENT LEVELS OF THE TECHNOLOGY INTENSITY

L.A. Bulavin, A.P. Gvozдов, D.N. Kutsev, A.V. Lensky

The article states the results of the research on improvement of winter wheat cultivation technology. It's established that disk and chisel plowing with nitrogen application of $N_{70+70+20}$ provides the greatest economic effect when winter wheat is cultivated on sod-podzolic sandy loam soil after pea according to the intensive technology, and only chisel plowing with the same nitrogen application when it is cultivated after rape and oats.

УДК 632.951: 32.952:633.15

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНСЕКТИЦИДНЫХ И ФУНГИЦИДНЫХ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ СЕМЯН КУКУРУЗЫ

Н.Ф. Надточаев, кандидат с.-х. наук, **Н.Л. Холодинская**, кандидат с.-х. наук,
Г.Н. Куркина, Д.Н. Володькин, кандидат с.-х. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 12.03.2019)

Рецензент: Будевич Г.В., кандидат биол. наук

Аннотация. *Представлены результаты трехлетних исследований по влиянию предпосевной защиты семян от вредителей и болезней на их всхожесть, выживаемость растений и урожайность кукурузы. Выявлено, что инсектицидные протравители почво и табу показывают более высокую биологическую и хозяйственную эффективность, чем леатрин, а фунгицидный протравитель максим XL, чем вершина и виал-ТТ.*

В Беларуси наиболее опасным почвообитающим вредителем кукурузы и других полевых культур являются проволочники – личинки жуков щелкунов. Кукурузу почвообитающие вредители повреждают от посева семян до 8-9-ти листьев, наиболее «уязвимой» является фаза 2-4 листа [1]. Потери культуры выражаются в изреживании посевов, угнетении и гибели поврежденных растений. Исследования РУП «Институт защиты растений» показали, что при численности проволочников выше экономического порога вредоносности (12-15 ос./м² при возделывании кукурузы на зерно, 15-18 ос./м² при возделывании на зеленую массу) и 40%-ной поврежденности растений урожай зеленой массы снижается на 35-50% [2]. Наиболее распространены проволочники на полях по-

сле многолетних трав и на связных, тяжелых почвах [3]. Влажность среды является решающим фактором в жизни проволочников. Оптимальная влажность почвы для них – 50-60% ППВ. Температура почвы также имеет большое значение в жизни личинок: питание начинается при 12 °С, а наиболее оптимальная – 20 °С. Максимальная вредоносность проволочников и ложнопроволочников отмечается в годы, когда в почве преобладают личинки старших возрастов, интенсивно питающиеся перед окукливанием [4]. При соблюдении рекомендуемых мер защиты численность проволочников снижается на 85-95% [5].

На урожайность растений кукурузы большое влияние также оказывают болезни грибного характера. Потери зерна колеблются от 3,5 до 30% [6]. Кукуруза поражается облигатными и полупаразитными грибами, ряд из которых поражает растения, ослабленные недостатком элементов питания и/или вследствие несоответствия климатических условий биологическим требованиям для нормального роста и развития. Число выявленных и идентифицированных видов грибов на кукурузе и продуктах ее переработки составляет 284 и 230 соответственно, причем только на семенах указано 120 видов грибов [7]. Семена кукурузы, сильно пораженные грибами *Fusarium* spp., теряют всхожесть, а пораженные, но со здоровым зародышем, дают ростки, которые, достигнув поверхности почвы, обычно погибают. Все это обуславливает значительное изреживание посевов. При этом наиболее опасны скрытые формы заражения, когда семена по своим внешним признакам мало отличаются от здоровых, но содержат инфекцию в области зародыша и перикарпия [8]. Защиту культуры на первых этапах ее развития от болезней наиболее эффективно обеспечивает предпосевное протравливание семян [9]. Препараты, используемые для обработки семян, защищают от поражения не только семена, но и проростки, всходы и растения в начальный период их развития [10].

Методика проведения исследований. Полевые опыты проводили в 2016-2018 гг. на опытном участке Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на связных пылеватых супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,4-0,9 м. Агрохимическая характеристика опытного участка следующая: рН – 6,05-6,14, гумус – 2,24-2,70%, P₂O₅ – 180-200 мг/кг, K₂O – 257-286 мг/кг почвы. Предшественник в первые два года – кукуруза, в последний – гречиха. Срок сева кукурузы – 24-27 апреля и 4 мая соответственно. В рекомендуемых отраслевым регламентом дозах вносили минеральные и органические удобрения. В качестве основной обработки почвы применяли зяблевую вспашку.

Условия в послепосевной период 2016 г. характеризовались умеренно теплой погодой и небольшим дефицитом осадков (таблица 1). Появление всходов отмечено через 14 дней после сева.

Погодные условия двух последних весенних месяцев 2017 г. в целом характеризовались более низкой относительно нормы температурой воздуха. Длительная, в течение 4 декад, холодная погода при обильных в конце третьей декады апреля и первой декаде мая осадках негативно сказалась на продолжительности довсходового периода (26 дней), результатом чего явилась пониженная полевая всхожесть семян.

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационных периодов 2016-2018 гг. (по данным метеостанции Борисов)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С				Осадки, мм			
		норма	2016 г.	2017 г.	2018 г.	норма	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Апрель	1	2,9	8,5	8,0	8,0	16	12,7	4,5	7,0
	2	5,7	8,9	3,1	10,6	16	13,3	15,8	0,7
	3	8,4	6,6	5,3	11,1	17	12,4	39,2	11,2
	За месяц	5,7	8,0	5,5	9,9	49	38,4	59,5	18,9
Май	1	11,1	14,3	8,7	17,4	17	11,3	35,0	2,0
	2	13,1	12,6	11,5	15,3	18	12,5	3,6	3,9
	3	14,6	17,3	16,4	17,6	23	9,0	6,3	3,9
	За месяц	13,0	14,8	12,3	16,8	58	32,8	44,9	9,8
Июнь	1	15,6	15,2	13,9	16,1	25	5,6	7,0	0,0
	2	16,2	17,0	16,9	17,9	28	18,0	19,5	24,6
	3	17,0	22,1	16,7	17,2	30	14,2	20,3	17,4
	За месяц	16,3	18,1	15,8	17,1	83	37,8	46,8	42,0
Июль	1	17,6	17,8	15,2	16,2	29	31,2	17,3	44,9
	2	18,0	18,5	16,5	20,1	28	68,6	35,1	60,4
	3	18,0	21,1	19,1	21,5	30	40,0	61,8	20,1
	За месяц	17,9	19,2	17,0	19,3	87	139,8	114,2	125,4
Август	1	17,6	20,1	19,8	21,5	25	12,5	14,3	1,0
	2	16,7	15,3	21,9	19,7	25	37,1	1,0	14,4
	3	15,3	18,7	13,8	17,0	26	9,3	62,7	54,4
	За месяц	16,5	18,0	18,3	19,3	76	58,9	78,0	69,8
Сентябрь	1	13,5	15,5	14,5	19,1	23	33,6	37,5	5,0
	2	11,6	12,6	14,7	15,2	22	0,8	30,0	7,6
	3	9,7	10,6	11,5	10,1	21	14,9	17,0	37,8
	За месяц	11,6	12,9	13,6	14,8	66	49,3	84,5	50,4

Температурные условия в 2018 г. были очень благоприятными для появления всходов (через 8 дней после сева), роста и развития растений кукурузы на протяжении всего вегетационного периода.

Сумма эффективных температур с мая по сентябрь в 2016 г. составила 1014 °С, в 2017 г. – 843 °С, в 2018 г. – 1145 °С при норме 822 °С. С мая по сентябрь в 2016 г. по метеостанции Борисов выпало 319 мм осадков, в 2017 г. – 368 мм, в 2018 г. – 297 мм при норме 370 мм.

Численность личинок шелкоуна в 2016 г. составила 40 шт. на 1 м², в 2017 г. на 1 м² насчитывалось 8 личинок проволочника и 11 – майского хруща, в 2018 г. – 25 личинок жука шелкоуна.

Результаты исследований. В 2016 г. в контрольном варианте с применением фунгицида Максим XL полевая всхожесть семян составила 90,9%. Инсектицидные протравители Леатрин, Табу и Пончо на его фоне способствовали повышению полевой всхожести семян на 5,2-6,3%. Фунгицидные протравители Виал-ТТ и Вершина показали на 1,5-2,4% меньшую полевую всхожесть семян относительно вариантов, где в качестве протравителя служил Максим XL (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние протравителей на полевую всхожесть семян кукурузы, %

Протравитель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
Максим XL, СК, 1 л/т (контроль)	90,9	86,2	94,6	90,6
Вершина, КС, 1 л/т + Леатрин, КС, 6,3 л/т	94,0	65,5	96,7	85,4
Виал-ТТ, ВСК, 0,5 л/т + Табу, ВСК, 6 л/т	94,6	55,8	97,1	82,5
Максим XL, 1 л/т + Леатрин, 6,3 л/т	96,4	89,2	96,2	93,9
Максим XL, 1 л/т + Табу, 6 л/т	96,1	90,8	96,2	94,4
Максим XL, 1 л/т + Пончо, КС, 7 л/т	97,2	90,2	97,5	95,0

В 2017 г. в связи с неблагоприятными погодными условиями и продолжительным довсходовым периодом в контрольном варианте полевая всхожесть семян составила 86,2%. Инсектицидные протравители Леатрин, Табу и Пончо на фоне фунгицидного протравителя Максим XL способствовали повышению полевой всхожести семян на 3-4,6%, в то время как фунгицидные протравители Вершина и Виал-ТТ показали на 23,7-35,0% меньшую полевую всхожесть семян относительно вариантов, где в качестве протравителя служил Максим XL. Таким образом, при неблагоприятных по теплу погодных условиях и к тому же низкой численности вредителя, выбор фунгицидного протравителя оказался наиболее значимым, чем инсектицидного.

В 2018 г. в условиях хорошей теплообеспеченности и короткого довсходового периода (8 дней от сева до всходов), инсектицидные протравители способствовали повышению полевой всхожести семян на 1,6-2,9% относительно контрольного варианта, где полевая всхожесть составила 94,6%.

В среднем за три года инсектицидные протравители Леатрин, Табу и Пончо при совместном применении с Максимом XL способствовали повышению полевой всхожести семян на 3,3-4,4% относительно варианта без инсектицида, которая в контроле составила 90,6%. Лучший показатель – при использовании Пончо (95,0%). Табу и Леатрин показали незначительно (на 0,6-1,1%) меньшую всхожесть семян. В то же время замена фунгицидного протравителя Максим XL на Вершину или Виал-ТТ привела к снижению полевой всхожести семян на 8,5-11,9%.

Учет, проведенный в фазу 6-7 листьев кукурузы, показал, что использование инсектицидных протравителей приводит к снижению повреждения растений проволочником и шведской мухой (таблица 3). Так, если на контрольном варианте в 2016 г. проволочником было поражено 11% растений, то при обработке семян Табу и Пончо – не более 1%. Наибольшие повреждения отмечены по Леатрину (3,2-5,0%). От шведской мухи лучшую защиту обеспечили Табу (25,2-27,5% поврежденных растений против 54,8% в контроле без инсектицидного протравителя) и Пончо (18%), а худшие результаты показал Леатрин (35,2-35,5%). В этот год с более близкими к норме температурными условиями начала вегетационного периода повреждение шведской мухой было наибольшим.

2017 г. характеризовался продолжительно холодными условиями года и невысокой численностью проволочника. По этой причине в контрольном варианте было поражено только 5,9% растений, при обработке семян Табу и Пончо,

Таблица 3 – Влияние протравителей на повреждение растений кукурузы вредителями

Протравитель	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее	
	Повреждение вредителями, %						1	2
	1	2	1	2	1	2		
Максим XL, 1 л/т (контроль)	11,0	54,8	5,9	2,4	25,5	2,6	14,1	19,9
Вершина, 1 л/т + Леатрин, 6,3 л/т	3,2	35,5	6,3	3,0	4,1	1,5	4,5	13,3
Виал-ТТ, 0,5 л/т + Табу, 6 л/т	0,5	25,2	2,7	1,6	0,2	0,9	1,1	9,2
Максим XL, 1 л/т + Леатрин, 6,3 л/т	5,0	35,2	3,9	0,7	3,4	1,7	4,1	12,5
Максим XL, 1 л/т + Табу, 6 л/т	1,0	27,5	1,4	0,6	0	1,3	0,8	9,8
Максим XL, 1 л/т + Пончо, 7 л/т	0,8	18,0	2,3	0,6	0	0,6	1,0	6,4

Примечание: 1 – проволочником, 2 – шведской мухой

которые показали лучшие результаты и в предыдущем году, – 1,4-2,7%, а Леатрин по-прежнему обеспечивал худший результат (3,9-6,3% поврежденных проволочником растений). Повреждение шведской мухой в этот год было невысоким – 0,6-3%.

В 2018 г. в контрольном варианте проволочником было поражено 25,5% растений, а при обработке семян Табу и Пончо в смеси с Максимом XL повреждение отсутствовало, по Леатрину оно составило 3,4-4,1%. Шведской мухой было повреждено 0,6-1,7% растений при проведении инсектицидной защиты и 2,6% – без нее.

В среднем за 3 года в варианте без использования инсектицида проволочником было поражено 14,1% растений, при обработке семян Табу и Пончо – только 0,8-1,1%. В меньшей степени защиту семян от почвообитающих вредителей обеспечил инсектицид Леатрин, было поражено 4,1-4,5% растений. Этот же препарат хуже защищал посевы кукурузы и от шведской мухи, где поврежденных растений было 12,5-13,3%, в то время как в варианте с применением Табу – 9,2-9,8%. Еще более надежную защиту растений обеспечил Пончо с 6,4% поврежденных растений при 19,9% в контроле.

Выживаемость растений, высчитанная как производное деления количества сохранившихся к уборке растений к количеству высеянных семян, по годам исследований в зависимости от применяемых пестицидов заметно изменялась (таблица 4).

В 2016 г. в варианте без инсектицидной защиты этот показатель составил 85,3%. Наибольшее значение отмечено в варианте Максим XL + Пончо (96,9%). Замена на Табу и Леатрин привела к снижению процента выживаемости на 1,8-3,3 пункта. В вариантах с этими же инсектицидными протравителями, но в составе с фунгицидами Вершина и Виал-ТТ процент выживаемости ниже относительно лучшего варианта на 4,1 и 3,5 пункта соответственно. Схожая картина отмечалась в 2018 г. В 2017 г. в связи с продолжительно холодными условиями года и невысокой численностью проволочника на величину выживаемости оказывал влияние не столько инсектицидный, сколько фунгицидный протравитель Максим XL. Так, в контрольном варианте с его применением выживаемость

Таблица 4 – Влияние протравителей семян на выживаемость растений кукурузы

Протравитель	Выживаемость растений, %			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
Максим XL, СК, 1 л/т	85,3	86,2	79,2	83,6
Вершина, КС, 1 л/т + Леатрин, КС, 6,3 л/т	92,8	61,8	94,2	82,9
Виал-ТТ, ВСК, 0,5 л/т + Табу, ВСК, 6 л/т	93,4	55,8	95,4	81,5
Максим XL, 1 л/т + Леатрин, 6,3 л/т	93,6	84,5	92,1	90,1
Максим XL, 1 л/т + Табу, 6 л/т	95,1	87,9	96,2	93,1
Максим XL, 1 л/т + Пончо, КС, 7 л/т	96,9	88,1	96,7	93,9

растений составила 86,2%, что близко к вариантам с добавлением инсектицидных протравителей Леатрин (84,5%), Табу (87,9%) и Пончо (88,1%). В то же время Леатрин и Табу соответственно на фоне фунгицидных протравителей Вершина и Виал-ТТ показали меньшую выживаемость на 22,7% и 32,1%.

В среднем за три года выживаемость проростков и растений в варианте с применением только фунгицидного протравителя Максим XL составила 83,6%. Самую высокую выживаемость обеспечил Максим XL с Пончо – 93,9%. При использовании инсектицидных протравителей Леатрин и Табу в сочетании с фунгицидами Вершина и Виал-ТТ выживаемость снизилась до 82,9 и 81,5% соответственно, а при использовании фунгицидного протравителя Максим XL с этими же инсектицидами выживаемость растений повысилась на 7,2-11,6%.

Наибольшая урожайность зеленой массы (472 ц/га) в 2016 г. получена в варианте Максим XL + Пончо (таблица 5). Несущественно меньшей (на 15-25 ц/га) она была в вариантах с использованием Максим XL + Табу или Виал-ТТ + Табу, или Вершина + Леатрин. В варианте с Максим XL урожайность составила 430 ц/га и только на 9 ц/га она увеличилась при добавлении к нему Леатрина.

В 2017 г. в вариантах, где не применяли фунгицидный протравитель Максим XL, а также при его использовании совместно и Леатрином, получена самая низкая урожайность зеленой массы (374-418 ц/га). Относительно контрольного варианта без инсектицида снижение составило 25-69 ц/га. Наибольшую урожайность зеленой массы наряду с контрольным вариантом (443 ц/га) обеспечили Максим XL + Табу (458 ц/га), Максим XL + Пончо (464 ц/га).

В 2018 г. самая низкая урожайность зеленой массы получена в вариантах без применения инсектицидного протравителя (421 ц/га) или с применением Леатрина на фоне фунгицидного протравителя Максим XL (436 ц/га), а наибольшая – в варианте с инсектицидом Пончо (496 ц/га). Вместе с тем, лучшему варианту несущественно уступили смеси Максим XL + Табу, Виал-ТТ + Табу и Вершина + Леатрин, где снижение составило 10-30 ц/га.

В среднем за три года лучшие результаты по урожайности зеленой массы показали Табу и Пончо совместно с Максим XL (467-477 ц/га), а также Виал-ТТ + Табу (447 ц/га), наихудшие – Вершина + Леатрин (430 ц/га), Максим XL + Леатрин и контрольный вариант без применения инсектицидного протравителя (по 431 ц/га).

Таблица 5 – Урожайность кукурузы при использовании различных протравителей семян, ц/га

Протравитель	Зеленая масса				Сухое вещество			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	сред- нее	2016 г.	2017 г.	2018 г.	сред- нее
Максим XL, СК, 1 л/т	430	443	421	431	177	146	135	153
Вершина, КС, 1 л/т + Леатрин, КС, 6,3 л/т	447	374	468	430	181	124	146	150
Виал-ТТ, ВСК, 0,5 л/т + Табу, ВСК, 6 л/т	457	418	466	447	190	140	144	158
Максим XL, 1 л/т + Леатрин, 6,3 л/т	439	418	436	431	179	142	143	155
Максим XL, 1 л/т + Табу, 6 л/т	457	458	486	467	184	151	156	164
Максим XL, 1 л/т + Пончо, КС, 7 л/т	472	464	496	477	192	151	161	168
НСР ₀₅	31	39	55	39	13	13	17	14

Наибольший сбор сухого вещества в 2016 г. обеспечил вариант Максим XL + Пончо (192 ц/га). Однако и все другие с применением инсектицидного протравителя несущественно уступали ему (на 2-13 ц/га). Существенно меньший сбор сухого вещества отмечен только в контрольном варианте (177 ц/га). В 2017 г. максимальную урожайность сухого вещества показали Максим XL + Пончо и Максим XL + Табу (по 151 ц/га). Существенно уступил им только один вариант: Вершина + Леатрин, где получено 124 ц/га, в то время как в варианте с одним фунгицидным протравителем Максим XL сбор сухого вещества составил 146 ц/га. Лучшим вариантом в 2018 г., как и в предыдущие годы, оказался Максим XL + Пончо (161 ц/га). Существенно уступали ему только варианты без применения инсектицидного протравителя (135 ц/га) или с применением Леатрина на фоне фунгицидного протравителя Максим XL (143 ц/га). В среднем за три года по сбору сухого вещества лучшими были варианты с инсектицидами Табу (164 ц/га) и Пончо (168 ц/га) на фоне фунгицидного протравителя Максим XL. Только Вершина + Леатрин существенно уступал им (150 ц/га).

Наибольшую зерновую продуктивность (94,0-97,8 ц/га) в 2016 г. показали варианты Виал-ТТ + Табу, Максим XL + Табу и Максим XL + Пончо (таблица 6). В вариантах с Леатрином, равно как и в контроле, урожайность была существенно меньшая относительно лучшего варианта – 90,1-90,2 ц/га и 85,8 ц/га соответственно. В 2017 г. лучшие результаты получены в вариантах с применением фунгицидного протравителя Максим XL. В 2018 г. Максим XL также обеспечил большую урожайность зерна, но только при совместном применении инсектицидных протравителей.

В среднем за 2016-2018 гг. по урожайности зерна более продуктивными оказались варианты с применением Максим XL + Пончо (84,0 ц/га) или Максим XL + Табу (83,1 ц/га), или Максим XL + Леатрин (78,3 ц/га), или Виал-ТТ + Табу (77,6 ц/га). Существенно меньшую урожайность зерна относительно лучше-

Таблица 6 – Урожайность зерна кукурузы в зависимости от применяемого протравителя

Протравитель	Урожайность зерна 14%-й влажности, ц/га			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее
Максим XL, СК, 1 л/т (контроль)	85,8	75,4	64,2	75,1
Вершина, КС, 1 л/т + Леатрин, КС, 6,3 л/т	90,2	62,4	66,6	73,1
Виал-ТТ, ВСК, 0,5 л/т + Табу, ВСК, 6 л/т	94,0	72,6	66,2	77,6
Максим XL, 1 л/т + Леатрин, 6,3 л/т	90,1	74,4	70,4	78,3
Максим XL, 1 л/т + Табу, 6 л/т	95,6	80,3	73,4	83,1
Максим XL, 1 л/т + Пончо, КС, 7 л/т	97,8	76,1	78,0	84,0
НСР ₀₅	6,3	6,6	7,8	6,9

го варианта показали только Вершина с Леатрином (73,1 ц/га), а также контроль без применения инсектицидного протравителя (75,1 ц/га).

Выводы

1. Инсектицидные протравители Пончо, КС (7 л/т) и Табу, ВСК (6 л/т) при средней численности почвообитающих вредителей 30 шт./м² на фоне фунгицидного протравителя Максим XL обеспечивают наиболее высокую выживаемость растений и урожайность кукурузы при ее выращивании на силос и зерно.

2. На полевую всхожесть семян значительное влияние оказывает температурный фактор: теплые погодные условия способствуют быстрому появлению всходов и, как следствие, меньшим их потерям в поле. При неблагоприятном температурном режиме Максим XL обеспечивает более надежную защиту семян и проростков по сравнению с фунгицидными протравителями Вершина и Виал-ТТ.

Литература

1. *Трепашко, Л. И.* Эффективный контроль проволочников / Л. И. Трепашко [и др.] // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 5. – С. 24-30.
2. *Трепашко, Л.* Вредители кукурузы: прогноз и защита посевов / Л. Трепашко, А. Быковская // Белорусское сельское хозяйство. – 2018. – №2. – С. 29-36.
3. *Надточаев, Н.Ф.* Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточаев; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
4. *Циков, В.С.* Кукуруза: технология, гибриды, семена / В.С. Циков. – Днепропетровск: Зоря, 2003. – 296 с.
5. *Трепашко, Л.И.* Проволочники – опасные вредители сельскохозяйственных культур / Л.И. Трепашко, С.В. Сорока, М.В. Пуренок // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – №4. – С.28-30.
6. *Свидуневич, Н.Л.* Эффективность протравителя семян аквиназим, КС в защите кукурузы от болезней / Н.Л. Свидуневич, А.Г. Жуковский, С.Ф. Буга // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. под ред. В. К. Пестиса. – Гродно: ГГАУ, 2015. – Т. 29. – С. 139-146.
7. *Иващенко, В.Г.* Болезни кукурузы: этиология, мониторинг и проблемы сортоустойчивости / В.Г. Иващенко. – Санкт-Петербург–Пушкин: ФГБНУ ВИЗР, 2015. – 286 с.
8. *Свидуневич, Н.Л.* Патогенный комплекс грибов, паразитирующий на кукурузе (литературный обзор) / Н.Л. Свидуневич // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Ин-т защиты растений»; гл. ред. Л.И. Трепашко [и др.] – Минск: Колорград, 2016. – Вып. 40. – С. 202-218.

9. Немченко, В.В. Протравливание семян – первая ступень получения защищенного и продуктивного агроценоза / В.В. Немченко и [др.] // Защита растений и карантин. – 2014. – №3. – С. 22-24.

10. Буга, С.Ф. Биологическое обоснование эффективности химической защиты кукурузы от болезней (рекомендации) / С.Ф. Буга, А.Г. Жуковский, Т.Н.Жердецкая. – Минск: Институт защиты растений, 2012. –52 с.

COMPARATIVE EFFICIENCY OF INSECTICIDE AND FUNGICIDE PROTECTANTS FOR MAIZE SEEDS

N.F. Nadtochaev, N.L. Kholodinskaya, G.N. Kurkina, D.N. Volodzkjn

The paper deals with the results of three-year-old research on the influence of presowing seeds protection from pests and diseases on their germination, plant survival and maize yield. It's determined that the insecticide protectants Poncho and Taboo, the fungicide protectant Maxim XL demonstrate higher biological and economic effectiveness than the insecticide protectant Leatrin and fungicide protectants Verzhina and Vial-TT.

УДК 633,853.494«324»:579.64:631.559

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН ОЗИМОГО РАПСА

Я.Э. Пилюк, В.М. Белявский, Е.П. Решетник, Т.Н. Лукашевич, кандидаты с.-х. наук, З.М.Алещенкова, доктор биол. наук, Г.В.Сафронова*, канд. биол. наук*

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

*Институт микробиологии НАН Беларуси

(Поступила 29.04.2019)

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

Аннотация. В статье приведены результаты изучения влияния инкрустации семян препаратами азотфиксирующе-фосфатмобилизующего действия на параметры растений и урожайность озимого рапса. Установлено, что обработка микробными препаратами способствовала увеличению урожайности (на 10,8-21,5%) и повышению эффективности возделывания культуры. Себестоимость полученной продукции уменьшилась за счет инкрустации семян с 31,5 (контроль) до 26,9 руб./ц (при инкрустации препаратом Гордебак), или на 14,6%.

В настоящее время в мире наблюдается устойчивая тенденция к снижению в сельском хозяйстве высоких доз химических средств и замене их на более экономичные и экологически чистые, то есть переход на ресурсосберегающие технологии. Одним из путей решения этой задачи является частичная, а в отдельных случаях и полная замена традиционных минеральных удобрений и средств защиты растений на микробиологические препараты, способные за счет жизнедеятельности микроорганизмов обеспечивать питание растений азотом и фосфором, улучшать их развитие, оказывать фитосанитарный эффект и, в итоге, повышать урожайность [7].

Путем рационального использования симбиотрофных и ассоциативных азотфиксирующих бактерий в развитых странах мира сокращают на 25-40% по-

требление минеральных азотных удобрений на 1/3 посевных площадей зерновых и зернобобовых культур [12].

В Беларуси исследования по всем этим направлениям проводятся в Институте микробиологии НАН с прикладным изучением на сельскохозяйственных культурах, в том числе и на рапсе озимом в опытах Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию.

Значение азотфиксации при ассоциативных взаимоотношениях небобовых культур в целом меньше, чем при симбиозе у бобовых, и составляет 20-40% их потребности в азоте. Однако, потенциал азотфиксации велик и по данным М. М. Умарова [9] у некоторых культур размеры азотфиксации достигают 200-600 кг/га азота. Микроорганизмы, обеспечивающие ассоциативную азотфиксацию, широко распространены в природе и являются представителями многих родов микроорганизмов: *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Beijerinckia*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Derrxia*, *Enterobacter*, *Erwinia* и др.

Значение несимбиотических diaзотрофов долгое время недооценивалось, считалось, что их вклад в пополнение азотного фонда почвы остается незначительным. В настоящее время в науке накоплен большой экспериментальный материал по ассоциативной азотфиксации, попыткам ее усиления и практического использования при возделывании многих культур: пшеницы, ячменя, кукурузы, риса, картофеля, кормовых трав и овощных культур [1, 9].

Помимо азота урожайность растений лимитируется дефицитом второго по значимости элемента питания – фосфора, валовые запасы которого в почвах достигают 10-20 т/га [4]. Из фосфорных удобрений используется лишь 25% фосфора, а в результате микробиологической фосфатмобилизации из труднорастворимых фосфатов освобождается от 10 до 40% P_2O_5 [10].

Установлено, что фосфатмобилизирующие микроорганизмы являются представителями рода *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Agrobacterium* и более широко представлены в ризосфере почвы [9, 11]. Кроме азотфиксирующей и фосфатмобилизирующей способности почти все diaзотрофы и некоторые виды фосфатмобилизирующих бактерий благотворно влияют на растения, стимулируя их ростовые и органосинтетические процессы. Это происходит в силу нескольких причин: 1) выделение микроорганизмами витаминов и фитогармонов; 2) продуцирование ими антибиотиков, ингибирующих развитие патогенов [3]; 3) перевод минеральных элементов в доступную для корней форму [5, 6, 8].

Анализ рассмотренных выше литературных данных позволяет сделать вывод о большом интересе и перспективе изучения и использования diaзотрофных и фосфатмобилизирующих бактерий в качестве инокулятов сельскохозяйственных культур.

В своих опытах влияние бактеризации на микрофлору ризосферной почвы и корней рапса при применении микроорганизмов, обладающих антифунгальным действием, мы устанавливали по плотности заселения корней и почвы микромицетами (по В. И. Билай [2]).

В настоящее время в сельском хозяйстве наблюдается устойчивая тенденция по снижению нагрузки на окружающую среду – уменьшение доз химиче-

ских удобрений и пестицидов и замену их экологически чистыми продуктами. Одним из таких направлений является использование потенциала почвенной и ризосферной микрофлоры, среди которой существенное место занимают азотфиксирующие и фосфатмобилизующие микроорганизмы, а также препараты и удобрения на их основе. Интродуцированные в составе микробных препаратов и биоудобрений природные штаммы азотфиксаторов и фосфатмобилизаторов играют важную роль в росте и развитии растений, обеспечивая минеральное питание, защиту от патогенов, адаптацию к стрессам и др. Они предохраняют почвы от истощения, восстанавливают плодородие и поддерживают биологическое разнообразие микробно-растительных сообществ. Применение биопрепаратов и биоудобрений является альтернативой минеральным удобрениям и пестицидам и имеет важное экологическое значение в охране окружающей среды.

В связи с вышеизложенным, актуальным является оценка и отбор наиболее эффективных препаратов, способов, норм расхода и сроков их внесения и разработка на этой основе технологии повышения продуктивности озимого рапса.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в 2017-2018 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве опытного поля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» Смолевичского района Минской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,5-0,7 м мореной. Мощность пахотного горизонта 20-22 см. Содержание гумуса – 2,03-2,34%, P₂O₅ – 225-234 мг, K₂O – 182-205 мг/кг почвы, pH – 6,02-6,14. В качестве объектов исследований использовали озимый рапс сорта *Imperial* с целью изучения влияния инкрустации семян микробными препаратами на его урожайность и качество. Изучались три микробных препарата – Агромик, Бактопин и Гордебак.

Агромик – препарат 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*.

Бактопин создан на основе совместно культивируемых бактерий ассоциативного диазотрофа *Rahnella aquatilis* БИМ В-704Д и гетеротрофного ростстимулирующего фосфатмобилизующего микроорганизма *Pseudomonas putida* БИМ В-702Д в соотношении, близком к равновесному (бактериальная составляющая) и 1,0% инокулюма арбускулярно-микоризных грибов (АМГ) рода *Glomus* (микотрофная составляющая).

Гордебак получен путем совместного глубинного культивирования ассоциативного азотфиксирующего микроорганизма *Enterobacter sp.* В-402Д и фосфатмобилизующего микроорганизма *Enterobacter sp.* В-409Д.

Обработка семян препаратами проводилась непосредственно перед посевом. Препараты применяли для предпосевной обработки в норме 4 л/т, расход рабочего раствора 10 л/т. Учетная площадь делянки 10 м², повторность 4-кратная. Норма высева 0,8 млн всхожих семян на гектар. Посев проводился в оптимальные сроки. Предшественник – зерновые культуры. Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили из расчета 80 кг/га д.в. и калийные (хлористый калий) – 120 кг/га д.в. и куриный помет 10 т/га осенью под вспашку

общим фоном. Азотные удобрения (карбамид) вносили весной в виде подкормок: первая – при возобновлении вегетации рапса озимого из расчета 90 кг/га д.в., вторая – через две недели после первой – 60 кг/га д.в. Агротехника выращивания озимого рапса общепринятая для региона.

Метеорологические условия в период проведения исследований отличались от среднесезонных показателей, особенно по количеству атмосферных осадков, что позволило более объективно оценить действие микробных препаратов на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов при инкрустации семян озимого рапса.

Уход за посевами проводили согласно требованиям отраслевого технологического регламента возделывания озимого рапса. 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). Учет урожая проводили методом сплошного обмолота малогабаритным комбайном Неже по делянкам с пересчетом на 100% чистоту и 9% влажность. 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.

Результаты и обсуждение. Одним из эффективных и технологичных защитно-стимулирующих способов повышения продуктивности растений является предпосевная обработка семян. Нами изучена сравнительная эффективность предпосевной обработки микробными препаратами Агромик, Бактопин и Гордебак семян озимого рапса.

Наблюдения и учеты показали, что инокуляция семян в 2017-2018 гг. положительно повлияла на основные параметры растений: диаметр корневой шейки при внесении всех изучаемых микробных препаратов увеличился на 0,3 см или 25%; количество ветвей – на 26-29%; число стручков на растении – на 40-44%.

При инокуляции семян микробными препаратами азотфиксирующе-фосфатмобилизирующего действия на урожайность маслосемян озимого рапса превысила контроль по всем вариантам. Прибавка урожайности озимого рапса в среднем за 2 года по сравнению с вариантом без обработки составила 5,2-10,3 ц/га или 10,8-21,5%. Максимальная урожайность была при инокуляции препаратом Гордебак с нормой расхода 4 л на 1 т семян (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние инокуляции семян микробными препаратами на урожайность маслосемян озимого рапса

Вариант	Урожайность, ц/га			± к контролю	
	2017 г.	2018 г.	средняя	ц/га	%
Контроль	65,2	30,6	47,9	-	-
Агромик	72,0	34,2	53,1	5,2	10,8
Бактопин	73,6	36,7	55,2	7,3	15,2
Гордебак	77,1	39,3	58,2	10,3	21,5
НСР ₀₅	4,8	3,8			

Анализ влияния инкрустации семян микробными препаратами на жирнокислотный состав семян озимого рапса показал, что при их применении содержание олеиновой кислоты снижается на 0,44-1,85% и практически не изменяется содержание линолевой и линоленовой кислот (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние инокуляции семян микробными препаратами на жирнокислотный состав масла озимого рапса (2018 г.)

Вариант	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линоленовая	Арахидоновая	Эйкозеновая	Эруковая
Контроль (без обработки)	5,27	1,88	63,40	18,58	9,42	0,40	0,78	-
Агромик	5,42	1,88	62,96	18,97	9,40	0,36	0,75	-
Бактопин	5,22	1,66	62,56	18,47	9,53	0,36	1,29	-
Гордебак	5,30	1,87	61,55	18,90	9,82	0,38	1,51	-

Использование микробных препаратов азотфиксирующе-фосфатмобилизующего действия при инкрустации семян озимого рапса обеспечило повышение масличности семян по сравнению с контрольным вариантом (без инокуляции) на 0,8-1,9% (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние инокуляции семян микробными препаратами азотфиксирующе-фосфатмобилизующего действия на качество маслосемян озимого рапса (среднее за 2017-2018 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/т	Масличность, %	Белок, %	Глюкозинолаты, мкмоль/г
Контроль	4,0	44,1	23,0	17,4
Агромик		45,0	22,5	17,4
Бактопин		46,0	22,2	17,7
Гордебак		44,9	23,0	18,2

Содержание белка в семенах было несколько ниже варианта без обработки, уровень антипитательных веществ – глюкозинолатов, оставался стабильным, эруковая кислота отсутствовала.

Анализ экономической эффективности применения микробных препаратов при инкрустации семян озимого рапса показал, что производственные затраты на применение микробных препаратов на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов увеличились на 22,9-55,9 руб./га или 1,5-3,7% по сравнению с контролем (вариант без инокуляции микробными препаратами), в то время как стоимость дополнительной продукции на вариантах с инокуляцией увеличилась на 343,2-679,8 руб./га или 10,9-21,5% (таблица 4). Наибольший чистый доход (2275,2 руб./га) и рентабельность (145,3%) получены при инкрустации семян озимого рапса микробным препаратом Гордебак, что, соответственно, в 1,3 раза и на 37,8 % выше, чем в варианте без обработки. Себе-

стоимость полученной продукции уменьшилась за счет инокуляции семян препаратом Гордебак с 31,5 (контроль) до 26,9 руб./ц, или на 14,6%.

Таблица 4 – Экономическая эффективность применения микробных препаратов при инокуляции семян озимого рапса (среднее за 2017-2018 гг.)

Показатель	Контроль	Микробные препараты		
		Агромик	Бактопин	Гордебак
Урожайность, ц/га	47,9	53,1	55,2	58,2
Стоимость продукции, руб./га	3161,4	3504,6	3643,2	3841,2
Производственные затраты, руб./га	1510,1	1533,0	1560,5	1566,0
Чистый доход, руб./га	1651,3	1971,6	2082,7	2275,2
Рентабельность, %	109,3	128,6	133,5	145,3
Себестоимость, руб./ц	31,5	28,9	28,3	26,9

В Институте микробиологии НАН Беларуси проведены исследования по изучению влияния четырех химически синтезированных средств защиты растений, используемых при возделывании рапса, на бактериальные компоненты микробных препаратов Гордебак, АгроМик и Бактопин. В серии лабораторных экспериментов определили действие инсектофунгицидного протравителя семян Круйзер рапс, кс; комбинированного системно-трансламинарного инсектофунгицидного протравителя Модесто плюс, кс; инсектицидного системного протравителя Табу, ВСК; протравителя Кинто®Дуо. Рост бактериальных компонентов микробных препаратов в присутствии изучаемых протравителей в производственных дозах исследовали методом лунок.

В результате исследований определена чувствительность *Enterobacter sp.* В-402Д и *Enterobacter sp.* В-409Д (Гордебак), *Rhizobium rhizogenes* БИМ В-486Д и *Pseudomonas lini* БИМ В-485Д (АгроМик), *Rahnella aquatilis* БИМ В-704Д и *Pseudomonas putida* БИМ В-702Д (Бактопин) бактериальных компонентов микробных препаратов к протравителям. Более выраженным негативным действием на развитие исследованных бактериальных штаммов обладал протравитель Модесто плюс. Диаметр зон ингибирования роста штамма *Enterobacter sp.* В-402Д составил 3,0 см, *Enterobacter sp.* В-409Д – 2,2 см, *R. rhizogenes* БИМ В-486Д – 2,5 см, *P. lini* БИМ В-485Д – 1,9 см, *R. aquatilis* БИМ В-704Д – 2,3 см. Штамм *P. putida* БИМ В-702Д – бактериальный компонент Бактопина оказался не чувствительным к Модесто плюс. Менее агрессивным по отношению к росту исследуемых штаммов был протравитель Кинто Дуо. Диаметр задержки роста энтеробактерий *Enterobacter sp.* В-402Д достигал 2,6 см, *Enterobacter sp.* В-409Д – 1,9 см, *R. aquatilis* БИМ В-704Д – 2,6 см. Устойчивыми к токсическому действию Кинто Дуо были штаммы *R. rhizogenes* БИМ В-486Д, *P. lini* БИМ В-485Д и *P. putida* БИМ В-702Д. При исследовании влияния протравителей Круйзер рапс и Табу зоны ингибирования роста изучаемых штаммов не выявлены.

Таким образом, по результатам модельных экспериментов, при предпосевной инокуляции семян рапса микробными препаратами Гордебак, АгроМик и

Бактопин можно использовать инсектофунгицидный протравитель семян Круйзер рапс и инсектицидный системный протравитель Табу с фунгицидным протравителем Кинто дуо.

Выводы

1. Применение препаратов азотфиксирующе-фосфатмобилизующего действия Агромик, Бактопин и Гордебак для предпосевной обработки семян озимого рапса оказало положительное влияние на основные параметры роста растений и формирование урожайности культуры. Прибавка урожайности обработанных семян озимого рапса в среднем за 2 года по сравнению с вариантом без обработки составила 5,2-10,3 ц/га или 10,8-21,5%.

2. Использование микробных препаратов азотфиксирующе-фосфатмобилизующего действия обеспечило повышение масличности семян по сравнению с контрольным вариантом (без инкрустации) на 0,8-1,9%.

3. Наибольший чистый доход (2275,2 руб./га) и рентабельность (145,3%) получены при обработке семян озимого рапса микробным препаратом Гордебак, что, соответственно, в 1,3 раза или на 37,8% выше, чем в контроле. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности инокуляции семян озимого рапса микробными препаратами в технологии возделывания этой культуры.

4. Определена чувствительность бактериальных компонентов микробных препаратов к протравителям Модесто плюс, Круйзер рапс и Кинто Дуо + Табу. Установлено, что при предпосевной инокуляции семян рапса микробными препаратами Гордебак, АгроМик и Бактопин можно использовать инсектофунгицидный протравитель семян Круйзер рапс и инсектицидный системный протравитель Табу с фунгицидным протравителем Кинто Дуо.

Литература

1. Берестецкий, О.А. Фиксация азота микроорганизмами в ризосфере и ризоплане небобовых культур / О.А. Берестецкий // Бюлл. ВНИИ с.-х. микробиологии. – 1985. – 42. – С. 3-5.

2. Билай, В.И. Методы экспериментальной микологии / В.И. Билай. – Киев: Изд-во Наукова думка, 1982. – 549 с.

3. Гарагуля, А.Д. Использование бактерий рода *Pseudomonas* против корневой гнили ярового ячменя / А.Д. Гарагуля, С.Н. Шамрей, Э.А. Колесова // Микроорганизмы – стимуляторы и ингибиторы роста растений и животных: тез. докл. Всесоюз. конф. – Ташкент, 3-5 октября 1981. – Ч.1. – С.47.

4. Гинзбург, К.Е. Фосфор основных типов почв СССР / К. Е. Гинзбург. – М.: Наука. – 1981. – 284 с.

5. Муромцев, Г.С. Почвенная микрофлора и фосфорное питание растений / Г.С. Муромцев [и др.] // Журнал Всесоюз. хим. общ-ва им. Д.И. Менделеева. – 1983. – Т. XXVIII. – №4. – С.22-27.

6. Патыка, В.Ф. Роль азотфиксирующих микроорганизмов в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений: авт. дис. ...доктора биол. наук / В.Ф. Патыка. – 1992. – 47 с.

7. Пилюк, Я.Э. Рапс в Беларуси (биология, селекция, технология возделывания) [Текст]: моногр. / Я.Э. Пилюк. – Минск: «Бизнесофсет», 2007. – 240 с.

8. Соловьева, Е.А. Микробный препарат АгроМик для стимуляции роста и развития тритикале / Е.А. Соловьева, Т.Л. Савчиц, З.М. Алешенкова, В.Н. Буштевич // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. / Ин-т микробиол. НАН Беларуси, Белорус. респ. фонд фундаментальных исслед., Белорус. общ-ое объединение микробиол.; под ред. Э.И. Коломиец, А.Г. Лобанка (отв. ред.) и [др.]. – Минск: Беларуская навука, 2013. – С. 331–342.

9. Суховицкая, Л.А. Свойства фосфатрастворяющих микроорганизмов, выделенных из спрпелей / Л.А. Суховицкая, Н.И. Мильто // Весці АН Беларусі, серыя біялагічных навук. – 1992. – №1. – С. 52-55.

10. Хмелинин, И.Н. Фосфор в подзолистых почвах и процессы трансформации его соединений / И.Н. Хмелинин. – Л.: Наука, Ленингр.отд, 1984. – 150 с.

11. Эффективность применения микробного препарата Гордебак при возделывании пивоваренного ячменя / З.М.Алешенкова и [др.]. // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: материалы VII Междунар. конф., Минск, 31 мая–4 июня 2010 г. / Ин-т микробиол. НАН Беларуси; под ред. Э.И. Коломиец, А.Г. Лобанка. – Мн.: Беларуская навука, 2010. – С. 271–272.

12. 10-й Международный конгресс по азотфиксации (С.- Петербург, 28 мая-3 июня, 1995) // Микробиологический журнал. –1996. – 58, №3. – С. 108-111.

EFFICIENCY OF MICROBIAL DRUGS APPLICATION IN THE PROCESS OF WINTER RAPE SEEDS INCRUSTATION

Ya. E. Pilyuk, V.M. Belyavsky, E.P. Reshetnik, T.N. Lukashevich, Z.M. Aleshchenkova, G.V. Safronova

The article presents the results of the study of the influence of seeds incrustation with nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing drugs on the plants parameters and winter rape yield. It's established that treatment with microbial drugs contributes to the yield increase by 10,8-21,5 % and efficiency of this crop cultivation. Due to seeds incrustation the cost price of the obtained products is reduced from 31,5 to 26,9 rubles/dt (incrustation with the Gordebuck drug) or by 14,6 %.

УДК 633.112.9«321»:631[631+048:559]

ВЛИЯНИЕ НОРМЫ ВЫСЕВА И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА СЕМЯН НА УРОЖАЙНОСТЬ ТРИТИКАЛЕ ЯРОВОГО

В.Н. Буштевич, Е.И. Позняк, М.А. Дашкевич

кандидаты с.-х. наук, Н.М. Петренко, В.А. Бандарчук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 19.02.2019)

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния нормы высева и фракционного состава семян на продуктивность сортов тритикале ярового Лотас и Узор. Установлено, что наибольшая урожайность зерна сорта Лотас получена на среднекультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при норме высева 4,0 млн./га всхожих семян независимо от их фракционного состава, а у сорта Узор при посеве мелкой, средней и крупной фракциями с такой же нормой высева.

Введение. В Беларуси с 2013 г. посевные площади, занимаемые яровым тритикале, находятся на уровне 16-17 тыс. га [1]. Потенциальная урожайность данной культуры составляет 100 ц/га и более, однако в почвенно-

климатических условиях республики она не полностью реализуется. Поэтому совершенствование основных элементов технологии возделывания тритикале ярового, адаптация их к конкретным условиям произрастания с учетом сортовых особенностей будет способствовать более полной реализации высокого потенциала культуры [2].

Одним из важных агротехнических приемов повышения урожайности зерновых является использование оптимальных фракций семян для посева, так как выявлена специфичность реакции сортов в зависимости от их биологических особенностей на посев различными по крупности семенами. При этом до настоящего времени результаты исследований о связи фракционного состава посевного материала с урожайностью весьма противоречивы [3, 4, 5, 6].

Известно, что оптимальную плотность продуктивного стеблестоя необходимо формировать или за счет увеличения густоты стояния растений, или за счет увеличения интенсивности кущения [7, 8]. Поскольку тритикале яровое имеет более низкую продуктивную кустистость по сравнению с другими яровыми зерновыми можно предположить, что эта культура в большей степени, чем другие, реагирует на оптимизацию норм высева [2].

Установлено что оптимальная норма высева семян тритикале ярового в условиях республики составляет 5,0-5,5 млн/га всхожих семян [9]. Однако в селекционной практике и, особенно в семеноводческих посевах, норма высева по сравнению с производственными посевами обычно снижается. Это связано с тем, что в разреженном посеве потенциал растения проявляется наиболее полно. Поэтому для конкретных условий произрастания актуальной проблемой является дальнейшее изучение влияния фракционного состава и норм высева семян, особенно пониженных, на формирование максимальной урожайности зерна тритикале ярового с учетом его сортовых особенностей.

Методика и условия проведения исследований. В 2017-2018 гг. изучали влияние норм высева семян и их крупности на урожайность зерна тритикале ярового. Исследования проводили в Смолевичском районе Минской области на среднекультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,1-2,3%, P_2O_5 – 220-260 мг/кг, K_2O – 200-300 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,8-6,2. Технология возделывания тритикале ярового в опытах проводилась в соответствии с отраслевым регламентом [10] за исключением изучаемых факторов. Площадь делянки 10 м², повторность трехкратная. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки.

Для изучения зависимости урожайности тритикале ярового от крупности семенного материала и нормы высева семена, прошедшие послеуборочную доработку на семяочистительной линии (контрольная фракция), разделили по фракциям на ситах 2,0 x 20 (мелкая), 2,5 x 20 (средняя), 3,0 x 20 мм (крупная фракция). В дальнейшем семена обрабатывали протравителем Ламадор Про (0,5 л/т) и высевали с нормой 4,0; 4,5 и 5,0 млн/га всхожих семян.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались по температурному режиму и влагообеспеченности, что позволило более объективно оценить сорта тритикале ярового. Так, относительно невысокая температура воздуха и повышенное количество влаги в июле 2017 г. способст-

вовали хорошему наливу зерна, что привело к формированию высокой урожайности в условиях этого года. Вегетационный период 2018 г. был экстремальным по влагообеспеченности. Засуха в мае и начале июня (при температуре воздуха выше климатической нормы на 0,6-6,0 °С и при недостаточном количестве осадков 0-3,9% от нормы) привела к значительному снижению продуктивного стеблестоя. Избыточное количество осадков в первой и второй декадах июля (136-189% от нормы) 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.

Результаты исследований и их обсуждение. На основании проведенных исследований было установлено, что в 2017 г. у сорта *Узор* в контрольном варианте изучаемые нормы высева (4,0; 4,5 и 5,0 млн/га) обеспечили получение практически равной урожайности зерна – 48,2; 46,3 и 48,5 ц/га соответственно. Различия в этих вариантах находились в пределах ошибки опыта. При посеве мелкой, средней и крупной фракциями указанный выше показатель был максимальным при норме высева 4,0 млн/га всхожих семян (44,7; 50,6 и 53,0 ц/га). В этом случае отмечалось достоверное превышение урожайности зерна тритикале ярового над более высокими нормами высева (4,5 и 5,0 млн/га) на 11,7; 13,8; 10,8 ц/га (35,5; 37,5; 25,6%) и 4,0; 8,4; 11,8 ц/га (9,8; 19,9; 28,6%) соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние нормы высева и крупности семян тритикале ярового *Узор* на урожайность зерна, ц/га

Фракционный состав семян (фактор А)	Норма высева, млн/га (фактор В)					
	2017 г.			2018 г.		
	4,0	4,5	5,0	4,0	4,5	5,0
контрольная фракция	48,2	46,3	48,5	42,0	44,3	43,0
2,0 x 20	44,7	33,0	40,7	50,2	42,8	46,3
2,5 x 20	50,6	36,8	42,2	50,2	43,1	42,2
3,0 x 20	53,0	42,2	41,2	39,9	41,2	43,6
НСР ₀₅		3,7			2,8	
НСР ₀₅ по фактору А		2,1			1,6	
НСР ₀₅ по фактору В		1,8			1,4	

У тритикале ярового *Лотас* в условиях вегетационного периода 2017 г. во всех вариантах опыта при норме высева 4,0 млн/га всхожих семян была сформирована максимальная урожайность зерна – 54,3; 45,2; 48,8 и 52,2 ц/га, достоверно превышающая более высокие нормы высева (4,5 и 5,0 млн/га) на 5,0; 3,6; 3,2; 3,3 ц/га (10,1; 8,7; 7,0; 6,7%) и на 6,2; 4,7; 3,7; 3,9 ц/га (12,9; 11,6; 8,2 и 8,1%) соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние нормы высева и крупности семян тритикале ярового *Лотас* на урожайность зерна, ц/га

Фракционный состав семян (фактор А)	Норма высева, млн/га (фактор В)					
	2017 г.			2018 г.		
	4,0	4,5	5,0	4,0	4,5	5,0
контрольная фракция	54,3	49,3	48,1	41,3	42,8	42,2
2,0 x 20	45,2	41,6	40,5	45,1	40,8	43,4
2,5 x20	48,8	45,6	45,1	43,3	43,9	41,3
3,0 x20	52,2	48,9	48,3	45,2	40,4	44,5
НСР ₀₅		3,1			2,9	
НСР ₀₅ по фактору А		1,8			1,7	
НСР ₀₅ по фактору В		1,5			1,5	

В условиях 2018 г. при посеве сорта *Узор* мелкой и средней фракциями с нормой высева 4,0 млн/га всхожих семян была получена самая высокая урожайность зерна (50,2 и 50,2 ц/га). При норме высева 4,5 и 5,0 млн/га семян и том же фракционном составе зерна величина данного показателя была достоверно ниже на 7,4; 3,9 ц/га (17,3; 8,4%) и 7,1; 8,0 ц/га (16,5; 19,0%) соответственно. В таких условиях при посеве контрольной и крупной фракциями с нормой высева 4 млн/га всхожих семян этот сорт сформировал наименьшую урожайность зерна (42,0 и 39,9 ц/га). При повышении норм высева до 4,5 и 5,0 млн/га урожайность в указанных выше вариантах увеличивалась на 2,3; 1,0 ц/га (5,5; 2,4%) и 1,3; 3,7 ц/га (3,3; 9,3%) соответственно.

Сорт *Лотас* при посеве мелкой и крупной фракциями с нормой высева 4,0 млн/га всхожих семян сформировал самую высокую урожайность зерна (45,1 и 45,2 ц/га), которая была выше, чем в вариантах с нормами высева 4,5 и 5,0 млн/га на 4,3; 1,7 ц/га (10,5; 3,9%) и 4,8; 0,7 ц/га (11,9; 1,6%) соответственно. У данного сорта при посеве контрольной и средней фракциями с нормами высева (4,0; 4,5 и 5,0 млн/га) урожайность зерна в таких условиях существенно не различалась и составила 41,3; 42,8; 42,2 и 43,3; 43,9 и 41,3 ц/га соответственно.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в среднем за период исследований у сорта *Узор* самая высокая урожайность зерна (51,3 ц/га) была сформирована при посеве средней фракцией семян с нормой высева 4,0 млн/га (рисунок 1). Сорт *Лотас* обеспечил максимальную урожайность зерна (48,7 ц/га) при посеве крупной фракцией семян с нормой высева 4,0 млн/га (рисунок 2).

Оценка представленных выше результатов исследований свидетельствует о том, что существенное влияние на урожайность зерна тритикале ярового оказывают погодные условия, складывающиеся в период вегетации растений. Под влиянием этого фактора урожайность сортов *Узор* и *Лотас* варьировала от 0,4 до 13,1 и от 0,1 до 13,0 ц/га соответственно и в наибольшей степени изменялась в вариантах при посеве крупной и контрольной фракциями семян с нормой высева 4 млн/га.

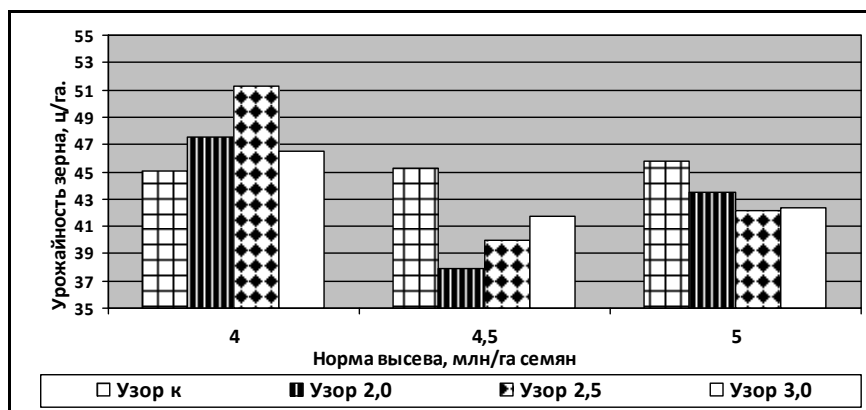


Рисунок 1 – Влияние нормы высева и крупности семян тритикале ярового *Узор* на урожайность зерна (среднее за 2017-2018 гг.)

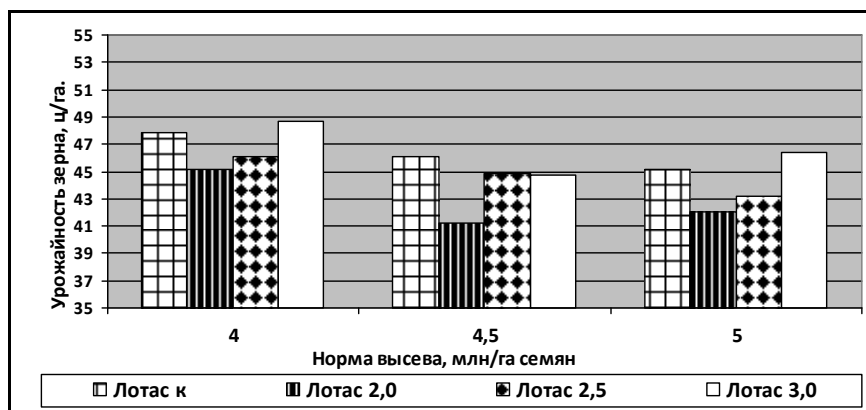


Рисунок 2 – Влияние нормы высева и крупности семян тритикале ярового *Лотас* на урожайность зерна (среднее за 2017-2018 гг.)

Определенное влияние на урожайность зерна в среднем за годы исследований оказывали фракционный состав и норма высева семян. Так, при разных нормах высева 4,0; 4,5 и 5,0 млн/га и определенной крупности семенного материала у тритикале ярового *Узор* урожайность зерна варьировала в пределах 0,2-0,7; 4,0-9,6; 2,2-11,3; 0,7-4,8 ц/га (0,4-1,6; 9,2-25,3; 5,5-28,5; 1,7-11,5%), а у сорта *Лотас* в пределах 0,9-2,6; 0,8-4,0; 1,3-2,9; 1,7-4,0 ц/га (2,0-5,8; 1,9-9,7; 2,9-6,7; 3,8-8,9%) соответственно. Установлено также, что в вариантах при посеве контрольной, мелкой, средней и крупной фракциями с определенной нормой высева урожайность зерна сорта *Узор* изменялась в пределах 1,0-6,2; 1,7-7,4; 0,2-3,6 ц/га (2,2-13,7; 4,3-19,5; 0,5-8,5%), а у сорта *Лотас* в пределах 0,9-3,5; 0,1-4,9 и 1,2-4,4 ц/га (2,0-7,7; 0,2-11,9; 2,9-10,5%) соответственно.

В результате проведенных исследований было установлено, что урожайность зерна у тритикале ярового *Лотас* по сравнению с сортом *Узор* независимо от нормы высева и крупности семян была более стабильной.

Заключение

1. На среднекультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве у сорта *Лотас* наибольшая урожайность зерна была получена при норме высева 4,0 млн/га всхожих семян при посеве контрольной, мелкой, средней и крупной фракциями, а у сорта *Узор* при посеве мелкой, средней и крупной фракциями с указанной выше нормой высева.
2. У Сорта *Лотас* независимо от нормы высева и крупности урожайность зерна была более стабильной по годам, чем у сорта *Узор*.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет ; ред. И.В. Медведева [и др.]. – Минск, 2018. – С. 57.
2. Гриб, С.И. Формирование урожайности зерна тритикале ярового в зависимости от сорта и приемов технологии возделывания в условиях Беларуси // С.И. Гриб, Т.М. Булавина, В.Н. Буштевич // Инновационные сорта и технологии возделывания ярового тритикале. Коллективная монография. – Владимир : ФГБНУ ВНИИОУ, Иваново : ПресСто, 2017. – С. 159-201.
3. Демина, Е.А. Изучение влияния фракционного состава семян на урожайность перспективных сортов яровой мягкой пшеницы / Е.А. Демина, С.В. Третьякова, К.Ю. Чекмасова // Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки: материалы междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 1 октября 2016 г. ; редкол. : А.А Сакиасян [и др.]. – Уфа, 2016. – С. 31-34.
4. Заушинцева, А.В. Селекция ярового ячменя в условиях Кузнецкой котловины Западной Сибири: автореф. дис. ... доктора биол. наук : 06.01.05 / А.В. Заушинцева. – Кемерово, 2001. – 47 с.
5. Влияние крупности, выравненности, нормы высева семян яровой пшеницы на урожай в условиях лесостепной зоны Предкамья Республики Татарстан / Ф.Ш. Шайхутдинов [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 3. – С. 32-35.
6. Сашнина, Н.В. Влияние условий зернообразования на посевные качества семян и урожайность зерна яровой пшеницы в условиях Зейско-Буреинской равнины: дис. ... кандидата с.-х. наук : 06.01.09 / Н.В. Сашнина. – Барнаул, 2004. – 162 с.
7. Касаева, К.А. Формирование высокопродуктивных посевов зерновых колосовых культур / К.А. Касаева. – М.: ВНИИТЭИ, 1986. – 55 с.
8. Каюмов, М.К. Обоснование норм высева зерновых культур / М.К. Каюмов. – М. : ВНИИТЭНСХ, 1980. – 57 с.
9. Яровое тритикале: основные преимущества и особенности технологии возделывания // С.И. Гриб [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / РУП «научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; ред. Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – С. 152-161.
10. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию ; под ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск, 2012. – 288 с.

**INFLUENCE OF SEEDING RATES AND FRACTIONATED COMPOSITION
OF SEEDS ON THE YIELD OF SPRING TRITICALE**

**V.N. Bushtevich, E.I. Poznyak, M.A. Dashkevich, N.M. Petrenko,
V.A. Bandarchuk**

The paper presents the results of the research on the influence of seeding rates and fractionated composition of seeds on the yield of spring triticale varieties Lotas and Uzor. It's established that the highest yield of the Lotas variety is obtained on medium cultivated sod-podzolic light loamy soil with a seeding rate of 4 million seeds per hectare regardless their fractionated composition, and the highest yield of the Uzor variety is obtained with the same seeding rate and small, medium and large fractions.

УДК 633.11«324»:631[631.048+559]

**ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА СЕМЯН НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

В.Н. Войтова, младший научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 11.03.2019)

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

Аннотация. *Изложены результаты исследований по изучению влияния различных норм высева на урожайность новых высокоинтенсивных сортов озимой пшеницы. Установлено, что при норме высева 3,5 млн/га всхожих семян создаются наиболее благоприятные условия для роста и развития озимой пшеницы как у сорта Элегия, так и у сорта Магда. При снижении нормы высева с 4,0 до 3,5 млн/га всхожих семян сорта Элегия достоверно увеличивалась масса 1000 семян (на 9,3%), число зерен в колосе (на 12,2%), число продуктивных стеблей (на 15,4%).*

Введение. Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на урожайность озимой пшеницы, является норма высева семян. При установлении норм высева озимой пшеницы необходимо принимать во внимание плодородие почвы, предшественники, метеорологические условия, сроки, способы посева. Правильно установленная норма высева семян будет способствовать лучшему использованию питательных веществ и влаги из почвы, от чего в значительной степени зависит уровень урожайности озимой пшеницы. Изреженный, так же как и загущенный стеблестой, снижает этот показатель [3].

Озимая пшеница в загущенном посеве сильно вытягивается, больше подвержена заболеваниям, вредителям и склонна к полеганию, уменьшается реализация потенциала урожайности зерна. При редком стоянии растений больше образуется подгона, в результате формируется невыравненное зерно, затягивается период его созревания [1].

В связи с этим вопрос выбора оптимальной нормы высева для новых высокоинтенсивных сортов озимой пшеницы является актуальным.

Материалы и методика. Исследования по изучению реакции новых сортов озимой пшеницы на уменьшение нормы высева проводили в 2014-2017 гг. на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земле-

делию». Почва дерново-подзолистая рыхлосупесчаная со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса 2,4-3,08%, P_2O_5 – 153-200 мг/кг, K_2O – 242-366 мг/кг почвы, рН (в КС1) – 5,66-6,23. Предшественник – озимый рапс.

Фосфорные и калийные удобрения в дозе $P_{90}K_{120}$ вносили осенью под основную обработку почвы. Азот ($N_{70+60+20}$) вносили дробно в несколько приемов. Срок сева – 10-12 сентября. Исследования проводили на двух сортах озимой пшеницы – *Магда* и *Элегия* с использованием трех норм высева – 3,0; 3,5; 4,0 млн/га всхожих зерен. Площадь делянки – 27 м², учетная – 18 м², повторность четырехкратная.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с помощью пакета программ, входящих в состав Microsoft Excel [1].

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались между собой по температурному режиму, количеству, характеру и периодичности выпадения осадков, что способствовало более объективной оценке полученных результатов.

В апреле 2016 г. отмечалась температура выше нормы, что способствовало активной ранневесенней вегетации. Дефицита влаги не наблюдалось, это способствовало усиленному весеннему кушению. Со второй декады мая и до конца июня наблюдался дефицит осадков, что привело к засухе в период цветения. Начиная с июля, дефицит влаги восполнился за счет выпавших осадков, что способствовало созданию благоприятных условий для налива зерна.

Среднесуточная температура воздуха в марте и первой декаде апреля 2017 г. была выше среднегодовых значений на 3,4-8,5 °С, а количество выпавших осадков составляло 28-236% от нормы. Это способствовало возобновлению вегетации растений в ранние сроки и привело к увеличению продолжительности периода кушения.

В июле температура воздуха была ниже среднегодового уровня на 2,1-2,6 °С. Осадков в этом месяце выпало 52-193% от нормы. Относительно невысокая температура воздуха и достаточное количество влаги способствовали хорошему наливу зерна, что привело к формированию высокой массы 1000 зерен во всех вариантах опыта.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ основных элементов структуры урожая озимой пшеницы показал, что одним из важных факторов формирования урожайности этой культуры при уменьшении нормы высева является повышение плотности продуктивного стеблестоя. При изучении сортовой реакции озимой пшеницы установлено, что плотность продуктивного стеблестоя у сорта *Элегия* была выше, чем у сорта *Магда* на всех изучаемых нормах высева (таблица 1).

Наибольшее количество продуктивных стеблей в среднем за период исследований у озимой пшеницы *Элегия* и *Магда* было сформировано при норме высева 3,5 млн/га всхожих семян – 673 и 499 шт./м² соответственно. Указанный выше показатель у сортов *Элегия* и *Магда* при норме высева 3,5 млн шт./га был

Таблица 1 – Количество продуктивных стеблей в зависимости от нормы высева семян озимой пшеницы, шт./м²

Норма высева, млн/га	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее	
	Элегия	Магда	Элегия	Магда	Элегия	Магда	Элегия	Магда
3,0	568	504	596	544	664	392	628	480
3,5	616	496	756	576	704	424	673	499
4,0	520	416	688	508	656	372	583	432
НСР ₀₅	2,31	1,15	2,08	2,08	4,62	4,36		

соответственно на 45 шт. (7,1%) и 19 шт. (3,9%) больше в сравнении с нормой высева 3,0 млн/га всхожих семян, и на 90 шт. (15,4%) на 67 шт. (15,5%) выше, чем при норме высева 4,0 млн/га.

Установлено, что снижение нормы высева семян способствовало увеличению количества зерен в колосе изучаемых сортов. У сорта *Элегия* наибольшее количество зерен в колосе в среднем за три года было сформировано в вариантах с нормами высева 3,0 и 3,5 млн/га и составило 33,3 и 33,1 зерен соответственно, что на 3,8 (12,9%) и 3,6 (12,2%) штук было больше, чем в варианте с нормой высева 4,0 млн/га всхожих семян, в котором этот показатель был равен в среднем 29,5 шт. При этом необходимо отметить, что по количеству зерен в колосе озимой пшеницы *Элегия* выделялись 2015 г. и 2016 г., когда этот показатель был наибольшим при норме высева 3,5 млн/га всхожих семян и составил соответственно 33,9 и 33,5 шт. В 2017 г. максимальное количество зерен в колосе (33,1 шт.) у этого сорта отмечалось при норме высева 3,0 млн/га (таблица 2).

Таблица 2 – Количество зерен в колосе в зависимости от нормы высева у сортов озимой пшеницы *Элегия* и *Магда*

Норма высева, млн/га	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее	
	Элегия	Магда	Элегия	Магда	Элегия	Магда	Элегия	Магда
3,0	33,1	35,6	33,7	34,9	33,1	32,2	33,3	34,2
3,5	33,9	34,7	35,2	36,3	30,1	34,8	33,1	35,3
4,0	29,2	30,3	30,6	30,4	28,8	28,4	29,5	29,7
НСР ₀₅	0,21	3,67	1,56	1,19	1,21	0,81		

У сорта *Магда* в среднем за 3 года наибольшее количество зерен в колосе получено при норме высева семян 3,5 млн/га всхожих семян – 35,3 шт. В вариантах, где этот сорт возделывали с нормами высева 3,0 и 4,0 млн/га, указанный выше показатель был равен соответственно 34,2 и 29,7 шт, т.е. снижался на 3,1 и 15,9%. В 2015 г. озерненность колоса была наибольшей (35,6 шт.) при норме высева 3,0 млн/га всхожих семян, а в 2016 г. и 2017 г. – при норме высева 3,5 млн/га, и составила соответственно 36,3 и 34,8 шт. При этом необходимо отметить, что этого сорта озерненность колоса при норме высева 4,0 млн/га всхожих

семян была достоверно ниже всех изучаемых вариантов во все годы исследований.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что по озеренности колоса сорт *Магда* превзошел сорт *Элегия* в среднем за период исследований на 2,2 шт. (6,6%) при норме высева 3,5 млн/га всхожих семян, при нормах 3,0 и 4,0 млн/га эта закономерность была выражена в меньшей степени.

Результаты исследований показали, что масса 1000 зерен у сорта *Элегия* в 2015 г. и 2017 г. в варианте 3,5 млн/га всхожих семян была достоверно выше варианта 4,0 млн/га и составила 38,5 и 55,5 г соответственно. В 2016 г. достоверных различий выявлено не было, при этом самая высокая масса 1000 зерен была в варианте 3,5 млн/га всхожих семян – 39,3 г. В среднем за три года при нормах высева 3,0 и 3,5 млн/га всхожих семян масса 1000 зерен находилась примерно на одном уровне (44,0 и 44,4 г) и превышала этот показатель в варианте 4,0 млн/га на 3,8 г и 3,6 г, т.е. на 8,4 и 9,4% (таблица 3).

Таблица 3 – Масса 1000 зерен у сортов озимой пшеницы *Элегия* и *Магда* в зависимости от нормы высева

Норма высева, млн/га	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее	
	<i>Элегия</i>	<i>Магда</i>	<i>Элегия</i>	<i>Магда</i>	<i>Элегия</i>	<i>Магда</i>	<i>Элегия</i>	<i>Магда</i>
3,0	36,4	36,9	38,3	37,0	57,3	55,9	44,0	43,3
3,5	38,5	41,9	39,2	38,5	55,5	59,8	44,4	46,7
4,0	31,2	34,8	37,1	35,0	53,5	55,3	40,6	41,7
НСР ₀₅	1,59	0,62	2,21	0,95	1,55	1,25		

У сорта *Магда* масса 1000 зерен во все годы исследований при норме высева 4,0 млн/га всхожих семян была достоверно ниже норм высева 3,0 и 3,5 млн/га на 1,6 и 5,0 г соответственно. В среднем за 3 года наибольшим этот показатель был при норме высева 3,5 млн/га и составил 46,7 г. В вариантах, где этот сорт возделывали с нормами высева 3,0 и 4,0 млн/га, масса 1000 зерен была ниже соответственно на 3,4 и 5,0 г, т.е. на 7,8 и 12,0%.

Установлено, что масса 1000 зерен у сорта *Элегия* превышала сорт *Магда* в среднем за три года при норме высева 3,0 млн/га на 0,7 г (1,6%). При более высокой норме высева 3,5 и 4,0 млн/га данный показатель был выше у сорта *Магда* на 2,3 и 1,1 г, т.е. на 5,2 и 2,7% соответственно.

Наибольшая урожайность зерна сорта озимой пшеницы *Элегия* в среднем за три года (86,0 ц/га) была получена при посеве с нормой высева 3,5 млн/га всхожих семян. В вариантах, где этот сорт возделывали с нормами высева 3,0 и 4,0 млн/га, указанный выше показатель был равен соответственно 83,3 и 74,6 ц/га, т.е. снижался на 8,7 и 11,4 ц/га (3,2 и 15,3%). В 2015 г. максимальная урожайность сорта *Элегия* отмечена в варианте с нормой высева 3,5 млн/га – 76,3 ц/га, что на 24,9% выше варианта с 4,0 млн/га и на 17,6% – 3,0 млн/га. В 2016 г. максимальная урожайность была получена также в варианте с нормой высева 3,5 млн/га – 74,2 ц/га. Самая низкая урожайность была в варианте с нормой вы-

сева 4,0 млн/га – 70,2 ц/га, что ниже по сравнению с оптимальной нормой посева на 5,7%. В 2017 г. сорт озимой пшеницы Элегия сформировал наибольшую урожайность за весь период исследований. В этом случае максимальным указанный выше показатель (113,7 ц/га) был при норме посева 3,0 млн/га. При дальнейшем ее увеличении урожайность снижалась на 5,3 и 28,0% (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от нормы посева, ц/га

Норма посева, млн./га	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее	
	Элегия	Магда	Элегия	Магда	Элегия	Магда	Элегия	Магда
3,0	62,9	55,0	73,3	57,3	113,7	68,5	83,3	60,3
3,5	76,3	54,7	74,2	58,0	107,7	70,9	86,0	61,2
4,0	57,3	47,4	70,2	54,5	96,3	64,5	74,6	55,5
НСР ₀₅	5,11	1,44	2,11	2,30	6,44	2,32		

Сорт озимой пшеницы *Магда* в среднем за три года обеспечил наибольшую урожайность при норме посева 3,5 млн/га всхожих семян – 61,2 ц/га. В вариантах, где этот сорт возделывали с нормами посева 3,0 и 4,0 млн/га, отмечалось снижение урожайности соответственно на 1,5 и 9,3%. В 2015 г. этот сорт максимальную урожайность сформировал при нормах посева 3,0 и 3,5 млн/га – 55,0 и 54,7 ц/га соответственно. При увеличении нормы посева до 4,0 млн/га этот показатель снизился на 13,8%. В 2016 г. отмечалась аналогичная закономерность, и наименьшая урожайность была получена при норме посева 4,0 млн/га – 54,5 ц/га. В 2017 г. также максимальная урожайность была в варианте с нормой посева 3,5 млн/га. При возделывании этого сорта с нормой посева 3,0 и 4,0 млн/га указанный выше показатель снижался соответственно на 3,5 и 9,9%.

Заключение

В условиях дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы Центральной зоны Беларуси при выращивании высокоинтенсивных сортов озимой пшеницы наибольшая урожайность формируется при норме посева 3,5 млн/га всхожих семян. В этом случае урожайность зерна сорта *Элегия* в среднем за три года была выше на 28,8% по сравнению с сортом *Магда*.

При снижении нормы посева с 4,0 до 3,5 млн/га всхожих семян у более продуктивного сорта *Элегия* увеличивалось количество продуктивных стеблей на 15,4%, зерен в колосе на 12,2%, масса 1000 зерен (на 9,3%).

Литература

1. Губанов, Я.В. Озимая пшеница / Я.В. Губанов, Н.Н. Иванов. – М.: Агропроиздат, 1988. – 149 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Пруцков, Ф.М. Озимая пшеница / Ф. М Пруцков. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., Колос, 1976. – 301 с.

INFLUENCE OF SEEDING RATES ON THE YIELD OF WINTER WHEAT

V.N. Voitova

The paper states the results of the research on the influence of different seeding rates on the yield of new highly intensive varieties of winter wheat. It's established that with a seeding rate of 3,5 million seeds per hectare the conditions are the most optimal for the growth and development of the Elegy and Magda varieties of winter wheat. When the seeding rate of the Elegy variety is reduced from 4 to 3,5 million seeds per hectare the weight of 1000 seeds increases by 9,3 %, number of grains in ear increases by 12,2 % and productive ears are formed by 15,4% more.

УДК 633.15:631.527.5:631.5:631.67(477.7)

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ СЕВА И ГУСТОТЫ СТОЯНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ

Р.А. Вожегова, доктор с.-х. наук, **А.Н. Влащук**, канд. с.-х. наук, **А.С. Дробит**,
канд. с.-х. наук, **А.В. Шепель***, канд. с.-х. наук

Институт орошаемого земледелия НААН Украины, г. Херсон

**ГВУЗ Херсонский государственный аграрный университет, г. Херсон*

(Поступила 25.03.2019)

Рецензент: Надточаев Н.Ф., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Показано влияние сроков сева и густоты стояния на высоту растений гибридов кукурузы различных групп спелости в условиях орошения южной зоны Украины. Определено, что за период проведения исследований максимальные показатели высоты растения, в среднем, имела кукурузы при посеве в III декаде апреля. Среди групп спелости наиболее высокими были растения среднеспелого гибрида Каховский. Загущение растений с 70 до 90 тысяч штук растений на один гектар способствовало увеличению показателей высоты.

Введение. Сортовым растительным ресурсам принадлежит особая роль в экономическом и социальном развитии Украины. Создание благоприятных условий для роста и развития растений является главной задачей в процессе разработки сортовой агротехники любой сельскохозяйственной культуры [1].

В условиях орошения юга Украины при выращивании гибридов кукурузы различных групп спелости необходимо дифференцированно подходить к выбору срока сева и густоты стояния растений, которые являются одними из основных агротехнических критериев, влияющих на урожайность зерна культуры [2]. Для обоснования агротехнических рекомендаций по выращиванию высоких урожаев кукурузы важно изучать динамику линейного роста растений культуры и их биометрические показатели [3].

Ростовые процессы кукурузы достаточно важны с точки зрения формирования надземной массы и максимальной производительности. Растения культуры имеют ограничения процессов роста, которые существенно зависят от гене-

тических особенностей каждого гибрида, а также обусловлены влиянием агротехнических и метеорологических условий.

Высота растений является значимым признаком растений кукурузы, имеет биологическое и технологическое значение, а также играет большую роль при формировании высокопродуктивных посевов культуры. Данный показатель физиологически связан с группой спелости гибридов – на наиболее высоких растениях формируется и большее количество листьев, что непосредственно влияет на фотосинтетическую активность и определяется по колебаниям суточного прироста растений в высоту в межфазные периоды роста и в целом за вегетационный период [4].

Методика и условия проведения исследований. Целью исследований было установить влияние различных сроков сева и густоты стояния растений на ростовые процессы гибридов кукурузы различных групп спелости.

Исследования проводили в течение 2014-2016 гг. на опытном поле Института орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины в зоне действия Ингулецкого орошаемого массива. Почва участка проведения исследований темно-каштановая среднесуглинистая слабосолонцеватая с глубоким уровнем залегания почвенных вод [5].

Климат зоны – засушливый с большими тепловыми ресурсами, низкой относительной влажностью воздуха, недостаточным количеством атмосферных осадков и их неравномерным распределением в течение года. Наиболее влажным был 2015 г. За вегетационный период наблюдали 315,3 мм осадков (в 2014 г. – 215,2 мм; в 2016 г. – 269,2 мм). Температурный режим за эти годы был почти одинаковым, средняя температура за период вегетации культуры находилась в пределах 19,3-19,7 °С [6].

Исследования проводили согласно общепринятым методикам полевого опыта, методическим рекомендациям и пособиям [7, 8].

В трехфакторном полевом опыте изучали: сроки сева – II декада апреля, III декада апреля и I декада мая (фактор А); гибриды кукурузы различных групп спелости – раннеспелый *Тендра* ФАО 190, среднеранний *Скадовский* ФАО 290, среднеспелый *Каховский* ФАО 380 (фактор В); густоту стояния растений – 70, 80, 90 тыс. шт./га (фактор С).

Биометрические параметры растений кукурузы измеряли в двух несмежных повторениях. По колебаниям суточного прироста растений в высоту определяли влияние отдельных факторов на ростовые процессы.

Результаты исследований. Исследованиями установлено, что высота растений культуры менялась в зависимости от сроков сева, группы спелости гибридов и густоты стояния. Растения гибрида *Тендра* максимальную высоту имели при первом сроке сева, в более поздние сроки данный показатель имел тенденцию к снижению (таблица 1). В пределах одного срока сева высота растений гибрида *Тендра* относительно фактора С (густота стояния) имела незначительные отличия. Высота растений гибрида *Скадовский* максимальной была при втором сроке сева, наиболее низкой – при третьем. Наиболее высокие растения гибрида *Каховский* отмечены при посеве в третий срок, наиболее низкие – во

второй. Что касается влияния на высоту растений густоты их стояния, увеличение этой величины происходило пропорционально загущению растений.

Исследованиями установлено, что наиболее интенсивно ростовые процессы растений кукурузы происходили в фазу цветения початков. Высота растений гибридов кукурузы различных групп спелости составила в среднем 215,3-249,8 см.

Таблица 1 – Динамика высоты растений кукурузы по фазам развития в зависимости от изучаемых факторов, см (среднее за 2014-2016 гг.)

Фактор А, срок сева	Фактор В, гибрид	Фактор С, густота стояния растений,	Фазы развития растений			
			7 листьев	12-13 листьев	цветение початков	молочная спелость зерна
II декада апреля	Тендра	70	31,4	135,3	216,2	222,7
		80	33,5	137,0	217,3	223,9
		90	34,0	138,8	218,6	224,1
	Скадовский	70	45,2	152,2	239,7	247,6
		80	47,1	154,5	241,4	249,8
		90	49,0	156,4	244,0	251,3
	Каховский	70	46,6	148,7	243,1	249,9
		80	47,3	150,2	245,9	252,0
		90	48,5	151,9	246,7	253,1
III декада апреля	Тендра	70	32,8	137,6	216,7	222,2
		80	34,2	138,3	218,0	225,1
		90	34,9	139,5	219,1	226,3
	Скадовский	70	47,4	156,0	243,5	250,9
		80	50,0	158,7	246,8	254,3
		90	51,1	161,2	248,7	255,6
	Каховский	70	48,3	153,3	246,9	253,6
		80	49,2	155,1	248,2	254,1
		90	51,4	156,9	249,8	256,8
I декада мая	Тендра	70	31,0	134,1	215,3	218,3
		80	32,9	136,5	216,4	219,0
		90	33,6	137,9	217,9	220,2
	Скадовский	70	42,1	144,8	232,0	237,9
		80	42,8	145,4	232,9	238,3
		90	43,4	146,2	233,2	239,5
	Каховский	70	46,2	150,9	244,5	252,8
		80	47,9	151,2	246,8	254,2
		90	49,7	153,6	248,1	255,9
НСР ₀₅ , см		А	0,81	2,74	8,28	2,67
		В	0,94	2,21	7,30	1,73
		С	0,78	1,89	7,19	1,69

При проведении измерений растений кукурузы в фазе 7 листьев в среднем за 2014-2016 гг. высота их варьировала в пределах 31,0-51,4 см. В данную фазу развития наибольшее значение высоты (51,4 см) имели растения гибрида *Каховский* при посеве в III декаде апреля и густоте стояния 90 тыс. шт./га. В фазе 12-13 листьев наибольшее значение высоты (161,2 см) было определено у растений гибрида *Скадовский* при втором сроке сева и густоте стояния 90 тыс. шт./га. В фазе цветения початков наибольшее значение высоты (249,8 см) имели растения гибрида *Каховский* при посеве в III декаде апреля и густоте стояния 90 тыс. шт./га. Высота растений гибрида *Тендра* в фазе молочной спелости зерна была в пределах 218,3-226,3 см, гибрида *Скадовский* – 237,9-255,6 см. Наиболее высокорослым оказался гибрид Каховский – высота растений составляла 249,9-256,8 см.

Высота растений определяется генотипическими и средовыми факторами. Динамика высоты растений гибридов кукурузы имела свою особенность. Так, наибольшие показатели отмечены при посеве в III декаде апреля. Максимальное значение высоты растений кукурузы в среднем за годы исследований (244,3 см) также получено при посеве в этот срок (рисунок 1).

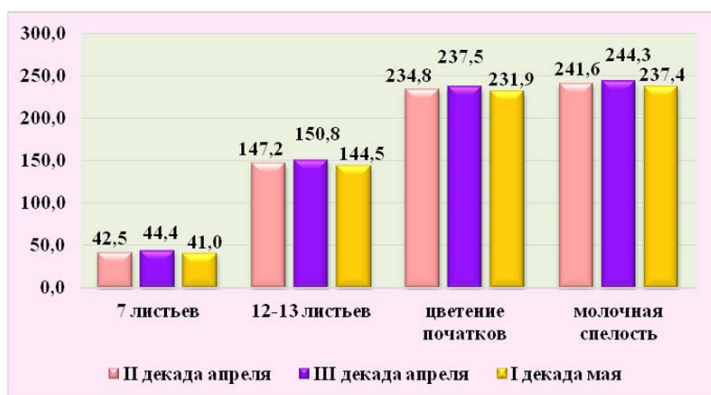


Рисунок 1 – Высота растений кукурузы по фазам развития в зависимости от сроков сева, см (среднее за 2014-2016 гг.)

Высота растений изменялась в зависимости от группы спелости гибрида. Растения гибрида *Тендра* в среднем за 2014-2016 гг. имели наименьшие показатели высоты во все фазы развития (рисунок 2). Высота растений гибрида *Скадовский* за вегетационный период превышала аналогичный показатель гибрида *Тендра* на 13,4 см в начале измерений, а к окончанию роста растений разница возросла до 22,9 см. В фазу 12-13 листьев она даже на 0,4 см превысила высоту растений среднеспелого гибрида *Каховский*, хотя во все другие периоды измерений гибрид *Каховский* был более рослым, чем среднеранний гибрид *Скаховский*, на 1,8-6,5 см.

Изучая влияние густоты стояния растений на их рост, наблюдали следующую закономерность – по мере загущения от 70 до 90 тысяч растений на 1 гек-



Рисунок 2 – Высота растений кукурузы по фазам развития в зависимости от гибридного состава, см (среднее за 2014-2016 гг.)

тар их высота увеличивалась. Это объясняется тем, что, по мере загущения, конкуренция за условия освещения растениями увеличивается (рисунок 3).

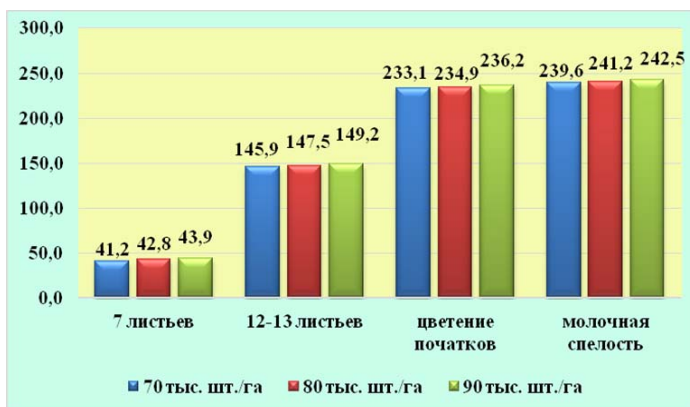


Рисунок 3 – Высота растений кукурузы по фазам развития в зависимости от густоты стояния растений, см (среднее за 2014-2016 гг.)

Уже в фазу 7 листьев разница между вариантами была довольно заметной. При густоте стояния 70 тыс. шт./га растения были размещены с большими интервалами, поэтому конкуренция между ними была меньшая, а высота растений ниже. Увеличивался данный показатель пропорционально увеличению густоты стояния. Подобную тенденцию наблюдали во все фазы роста.

Установлено, что между высотой растений и урожайностью зерна гибридов существует сильная положительная связь – коэффициент корреляции составил 0,82 (рисунок 4).

Изучаемые факторы по-разному влияли на формирование высоты растений гибридов кукурузы (рисунок 5).

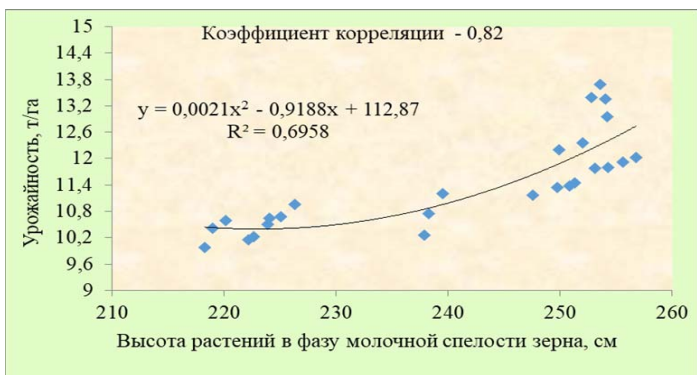


Рисунок 4 – Корреляция (r) между высотой растений гибридов кукурузы в фазу молочной спелости и урожайностью зерна (среднее за 2014-2016 гг.)

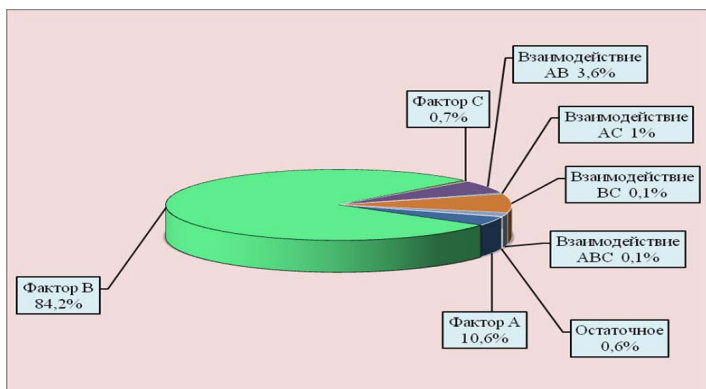


Рисунок 5 – Доля влияния факторов опыта на показатели высоты растений кукурузы в фазу молочной спелости, % (среднее за 2014-2016 гг.)

Максимальное влияние на показатель высоты растений имеет гибрид – доля его влияния составила 84,2%. Сроки сева и густота стояния растений имели незначительное влияние на высоту растений – 10,6 и 0,7%, соответственно.

Выводы

1. Наибольшую высоту растения кукурузы имели при севе в третьей декаде апреля, которая в среднем по опыту составила 244,3 см, что на 2,7 см выше, чем при севе во второй декаде апреля, и на 7,0 см, чем в первой декаде мая.

2. Растения раннеспелого гибрида *Тендра* при средней высоте 224,4 см уступают среднераннему гибриду *Скадовский* на 22,9 см, среднеспелому *Каховский* – на 29,2 см. Гибрид *Каховский* по росту опережал два другие во все фазы развития растений, за исключением 12-13 листьев, когда незначительное преимущество (0,4 см) имел гибрид *Скадовский*.

3. С увеличением густоты стояния растений их высота повышалась у всех изучаемых гибридов во все периоды учетов, начиная с фазы 7 листьев кукурузы.

Литература

1. *Вожегова, Р.А.* Системи землеробства на зрошуваних землях України / Р.А. Вожегова, В.А. Сташук. – К.: Аграрна наука, 2014. – 360 с.
2. *Марченко, Т.Ю.* Проблеми і перспективи селекції скоростиглих гібридів кукурудзи в зрошуваних умовах півдня України / Т.Ю. Марченко, О.А. Гож // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем АПК: всеукраїн. наук.-практ. конф. : тези доп. – Житомир, 2013. – С. 50-53.
3. *Lavrynenko, Yu. O.* Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine / Yu.O. Lavrynenko, O.A. Hozh, R.A. Vozhegova // Agricultural science and practice. – 2016. – № 1. – P. 55-60.
4. *Надь, Янош* Кукурудза / Янош Надь. – Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2012. – 580 с.
5. Краткий агроклиматический справочник Украины / Пособ. по испол. гидромет. инф. в с.-х. произ: Под ред. К. Т. Логинова – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 256 с.
6. Погодно-кліматичні умови. Дані Херсонської ЦГМС – м. Херсон за 2014-2016 рр.
7. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р.А. Вожегова [та ін.]. – Херсон: Гринь, 2014. – 268 с.
8. Методика польового досліді (Зрошуване землеробство) / В.О. Ушкаренко, Р.А. Вожегова, С.П. Голобородько, С.В.Коковіхін. – Херсон: Гринь, 2014. – 448 с.

INFLUENCE OF SOWING TIME AND DENSITY OF PLANTING ON THE INDICATORS OF PLANT HEIGHT OF MAIZE HYBRIDS IN THE IRRIGATED CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE

Vozhegova R.A., Vlaschuk A.N., Drobit A.S., Shepel A.V.

Presented is the influence of sowing time and density of planting on the plant height of maize hybrids of various groups of ripeness in irrigation conditions of the southern zone of Ukraine. It's determined that over the period of the conducted research maize had the maximum indicators of plant height, on average, when it was planted in the third decade of April. Among the groups of ripeness, the plants of the mid-season hybrid Kakhovsky were the highest. Plant crowding from 70 to 90 thousand plants per hectare contributed to the height indicators increase.

УДК 633.853.494«321»:581.14:631.531.04

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАПСА ЯРОВОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА

*И.М. Наумович, Я.Э. Пилюк, Т.Н. Лукашевич, кандидаты с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Поступила 19.03.2019)*

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

Анотация. Изложены результаты трехлетних исследований по влиянию сроков сева рапса ярового на его развитие и урожайность. Установлено, что опоздание с посевом на 21 день приводит к сокращению вегетационных периодов сорта Гермес и гибридов F₁ Алмаз и Рубин на 8-9 дней. Урожайность рапса ярового при позднем сроке сева снизилась по сравнению с ее максимальной величиной на 8,6-10,2 ц/га или на 29,5-34,2 % по изучаемым генотипам.

Введение. Для сельскохозяйственных культур длина вегетационного периода имеет большое практическое значение. Она определяет сроки хозяйственного использования растения и возможность выращивания культуры в данной конкретной почвенно-климатической зоне [1, 2]. Длина вегетационного периода рапса ярового во многом зависит от нерегулируемых факторов, к которым в первую очередь относятся температурный и световой режимы, обеспеченность растений влагой. В.Д. Медведев считает, что из двух метеорологических факторов – тепла и влаги – определяющим при весенних посевах является температура, при летних – влажность почвы [3]. Для достижения той или иной фазы развития для каждой конкретной культуры необходимо определенное количество тепла, что обуславливает продолжительность межфазного периода. Поэтому, как отмечает А.И. Тютюнников, чем выше температуры, тем короче этот период и тем быстрее наступают очередные фазы развития [4].

Выявить влияние основных абиотических факторов изолированно друг от друга не представляется возможным, так как в полевых условиях они воздействуют на растение одновременно. Цель исследований – установить зависимость динамики развития рапса ярового от температурного режима и уровня атмосферных осадков при различных сроках сева.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили в 2011-2013 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7-0,8 м моренным суглинком (содержание гумуса – 2,0–2,3 %, P_2O_5 – 180-225 мг/кг, K_2O – 225-370 мг/кг, Ca – 1284-1386 мг/кг, Mg – 175-320 мг/кг, B – 0,59-0,62 мг/кг, Cu – 1,0-1,2 мг/кг, Zn – 1,5-1,8 мг/кг почвы, pH (KCl) – 5,6-6,0.). Объект исследования – отечественные гибриды рапса ярового *Алмаз F₁*, *Рубин F₁* и сорт *Гермес*. Предшественник ярового рапса – ячмень. Удобрения вносили в дозе $N_{120+30}P_{60}K_{90}$. Технология возделывания культуры, за исключением изучаемых факторов, проводилась в соответствии с отраслевым регламентом возделывания сортов ярового рапса [5].

Учетная площадь делянки – 20 м², повторность 4-х кратная, размещение делянок – рендомизированное. Сроки сева ярового рапса – первый при прогревании почвы на 5⁰С на глубину 10 см, последующие спустя неделю после предыдущего согласно схеме опыта. Норма высева – 1,7 млн всхожих семян на гектар. Учет урожайности проводили методом сплошного обмолота комбайном «Сампо-130» поделяночно с пересчетом на 10% влажность. Статистическую обработку данных – по методике [6] с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Excel и Statistika.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно отличались от среднемноголетних значений и между собой.

В 2011 г. погодные условия были благоприятными для возделывания гибридов и сорта ярового рапса. За весь период вегетации сумма активных температур превысила норму на 11%, а осадков выпало ниже нормы на 8,2%, ГТК – 1,27.

2012 г. характеризовался засухой в период налива и созревания семян (июль), что отрицательно повлияло на урожайность маслосемян ярового рапса.

Сумма осадков за вегетационный период была ниже нормы на 5,8%, а сумма активных температур выше на 7,1% при ГТК 1,36.

Метеорологические условия 2013 г. не способствовали формированию максимальной урожайности маслосемян гибридов и сорта. Избыток атмосферных осадков на фоне повышенных среднесуточных температур в начальные этапы роста растений (май), и сильная засуха в период активного роста стручков (1-2 декады июля), обусловили сокращение периода вегетации изучаемой культуры в среднем на 7-11 дней. Сумма активных температур за вегетационный период в этом году превысила норму на 14%, количество осадков – на 5,1%, ГТК был равен 1,41.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты трехлетних наблюдений показали, что при переносе сроков сева рапса ярового с 3-й декады апреля на 2-ю декаду мая наблюдалась тенденция к сокращению его межфазных периодов. Так, продолжительность периода посев – всходы от первого к четвертому сроку снизилась в среднем за три года с 9 до 7 дней при достижении суммы активных температур от 112,7 до 105,9 °С. При этом среднесуточная температура воздуха за этот период увеличилась от раннего к позднему сроку сева с 12,5 до 15,1 °С (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Продолжительность фенофаз в зависимости от срока сева, дней (среднее за 2011-2013 гг.)

Срок сева	Посев – всходы	Всходы – начало цветения	Начало цветения – конец цветения	Конец цветения – хозяйственная спелость	Длина вегетационного периода
<i>Гермес</i>					
I	9	43	19	38	108
II	9	40	18	39	106
III	8	38	17	40	103
IV	7	36	16	39	99
<i>Алмаз F₁</i>					
I	9	42	19	39	108
II	8	40	19	39	106
III	8	38	18	40	104
IV	7	36	17	40	100
<i>Рубин F₁</i>					
I	9	42	19	39	109
II	8	40	19	40	107
III	8	38	18	40	104
IV	7	36	17	40	100

О зависимости продолжительности довсходового периода от температуры воздуха свидетельствуют результаты по годам. В 2011 г. при посеве ярового рапса 20 апреля довсходовый период составил 9 дней при среднесуточной температуре воздуха 13,2 °С. При посеве на неделю позже (27 апреля) в связи с понижением температуры до 10,8 °С всходы появились на 10-й день. Повышение среднесуточной температуры до 14,0 °С при последнем сроке сева (11 мая) со

Таблица 2 – Сумма активных температур, накопленных к основным фазам развития рапса ярового, °С (среднее за 2011-2013 гг.)

Срок сева	Посев – всходы	Всходы – начало цветения	Начало цветения – конец цветения	Конец цветения – хозяйственная спелость	Посев – хозяйственная спелость
<i>Гермес</i>					
I	112,7	683,9	349,6	728,9	1875,1
II	110,5	663,1	351,5	749,6	1874,7
III	109,6	649,5	335,8	769,0	1863,9
IV	105,9	641,3	308,5	743,0	1798,7
<i>Алмаз F₁</i>					
I	112,7	667,2	361,1	736,6	1877,6
II	102,5	655,8	369,2	756,0	1883,5
III	103,0	635,9	355,6	767,9	1862,4
IV	105,9	626,6	329,4	759,0	1820,9
<i>Рубин F₁</i>					
I	112,7	659,1	362,5	753,7	1888,0
II	102,5	655,8	362,7	761,9	1882,9
III	103,0	635,9	355,6	767,9	1862,4
IV	105,9	626,6	329,4	764,0	1825,9

кратило довсходовый период до 6 дней. В 2012 г. примерно одинаковый температурный режим (13,5-14,0 °С) обеспечил появление всходов при первых трех сроках сева через 8 дней и на 1 день раньше при повышении среднесуточной температуры до 15,1 °С при последнем сроке сева. В 2013 г. при переносе сроков сева с 25 апреля на 16 мая продолжительность довсходового периода рапса ярового плавно сокращалась с 9 до 7 дней при равномерном повышении температуры с 11,9 до 18,3 °С.

Погодные условия, обусловленные различными сроками сева, оказали влияние и на дальнейшее развитие растений рапса ярового. Межфазный период всходы – начало цветения по мере опоздания с посевом сократился в среднем по трем изучаемым генотипам с 43 до 36 дней, или на 7 дней при достижении суммы активных температур 641,3-683,9 за счет нарастания среднесуточных температур с 15,9 до 17,3 °С ($r = -0,82 \dots -0,89$). Наибольшим этот период был в 2012 г. и составил от 46 дней при раннем сроке до 40 дней при позднем сроке сева, превысив продолжительность соответствующих периодов в 2011 г. на 6,9-24,3 %, в 2013 г. – на 15,0-24,3 %, но уступив им по среднесуточным температурам на 0,7-1,9 °С и 0,9-3,1 °С. Математический анализ не выявил связи между продолжительностью периода всходы – начало цветения и количеством выпавших атмосферных осадков в этот период.

Продолжительность цветения за годы исследований составила 16-20 дней и имела тенденцию к снижению от первого к последнему сроку сева в среднем с 19 до 16 дней при достижении суммы активных температур 335,8-351,5 °С, при позднем сроке сева – 308,5 °С. Выпадавшие атмосферные осадки приводили к увеличению продолжительности цветения рапса ярового. Так, в 2011 г. за данный период выпало 39,2-103,2 мм атмосферных осадков против 22,2-43,8 мм

в 2012-2013 гг. и цветение в среднем по трем генотипам продолжалось 17-20 и 16-19 дней соответственно. Установлено, что у гибридов *Алмаз* и *Рубин* этот период в среднем за три года был на 1-2 дня больше, чем у сорта *Гермес* по всем срокам сева.

Период формирования семян и их созревание у рапса ярового приходится на июль – август при достаточном количестве тепла независимо от срока сева. Поэтому продолжительность межфазного периода конец цветения – хозяйственная спелость различался незначительно и продолжался в среднем за годы исследований 38-40 дней при достижении суммы активных температур 728,9-760,9 °С, что обусловлено выравниванием среднесуточной температуры воздуха по срокам сева (19,0-19,2 °С). Данный период в большей мере зависел от количества и равномерности выпадения атмосферных осадков ($r = 0,57-0,70$) (таблица 3).

Таблица 3 – Сумма атмосферных осадков, выпавших за межфазные периоды развития рапса ярового, мм

Срок сева	Посев – всходы	Всходы – начало цветения	Начало цветения – конец цветения	Конец цветения – хозяйственная спелость	Посев – хозяйственная спелость
<i>Гермес</i>					
I	11,4	115,1	39,4	89,6	255,5
II	19,3	107,9	40,5	90,5	258,2
III	19,6	98,6	45,7	83,2	247,2
IV	17,1	90,0	51,2	72,3	230,7
<i>Алмаз F₁</i>					
I	11,4	111,1	40,9	91,4	254,9
II	18,8	105,2	45,4	88,4	257,8
III	19,6	97,6	49,1	81,7	248,1
IV	17,1	89,1	54,5	71,7	232,4
<i>Рубин F₁</i>					
I	11,4	111,1	39,7	94,9	257,1
II	18,8	105,2	44,7	89,7	258,4
III	19,6	97,6	49,1	81,7	248,1
IV	17,1	89,1	54,5	72,0	232,8

Так, в 2011 г. он изменялся от 39 до 42 при сумме атмосферных осадков 87-150 мм против 35-40 дней в 2013 г., где в 3-й декаде июля осадков не было вообще и в среднем за данный период их выпало только 49,2-63,0 мм.

В целом перенос срока сева рапса ярового с раннего (3-я декада апреля) к позднему (2-я декада мая) привел к сокращению вегетационного периода у сорта *Гермес* со 108 до 99 дней, у гибридов *Алмаз* со 108 до 100 дней и *Рубин* со 109 до 100 дней при достижении суммы активных температур 1875,1-1798,7 °С. Данная закономерность связана, по-видимому, с тем, что, вегетация культуры при опоздании со сроками сева проходит в условиях более интенсивного нарастания среднесуточных температур воздуха.

Сокращение вегетационного периода отрицательно сказалось на урожайности культуры. Наибольшее достоверное снижение урожайности маслосемян этой культуры было отмечено у сорта и гибридов при посеве через 21 день после первого срока сева во все годы исследований – на 8,6-10,2 ц/га или на 29,5-34,2 % по отношению к максимальной (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность маслосемян гибридов F₁ ярового рапса в зависимости от сроков сева [7]

Срок сева	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее	± к максимальной урожайности	
					ц/га	%
Гермес						
I - ранний	36,0	23,7	23,1	27,6	-0,5	-1,8
II - через 7 дней	37,1	23,6	23,5	28,1	-	-
III - через 14 дней	30,7	21,4	21,3	24,5	-3,6	-12,8
IV - через 21 день	27,1	17,3	11,5	18,6	-9,5	-33,8
Алмаз F₁						
I - ранний	37,8	25,1	24,3	29,1	-0,1	-0,3
II - через 7 дней	39,1	24,7	23,8	29,2	-	-
III - через 14 дней	38,5	23,9	23,4	28,6	-0,6	-2,1
IV - через 21 день	30,0	18,8	13,0	20,6	-8,6	-29,5
Рубин F₁						
I - ранний	39,6	24,8	25,0	29,8	-	-
II - через 7 дней	39,3	24,5	24,8	29,5	-0,3	-1,0
III - через 14 дней	39,9	23,7	23,5	29,0	- 0,8	-2,7
IV - через 21 день	28,7	17,2	13,0	19,6	-10,2	-34,2
HCP ₀₅ срок сева, B	2,04	1,24	1,62			
HCP ₀₅ сорт (гибрид), A	1,61	1,08	1,66			
HCP ₀₅ AB	3,31	2,16	3,02			

Выводы

1. Перенос срока сева рапса ярового с раннего (3-я декада апреля) на поздний (2-я декада мая) приводит к сокращению вегетационного периода у сорта *Гермес* со 108 до 99 дней, у гибридов *Алмаз* со 108 до 100 дней и *Рубин* со 109 до 100 дней, при достижении суммы активных температур 1875,1-1798,7 °С.

2. Наибольшее снижение урожайности маслосемян рапса ярового было отмечено при посеве через 21 день после первого срока сева во все годы исследований на 8,6-10,2 ц/га или на 29,5-34,2 % в среднем по изучаемым генотипам.

Литература

1. Кузнецова, Р.Я. Масличные культуры – на корм / Р. Я. Кузнецова. – М. : Колос, 1977. – 152 с.
2. Шлапунов, В.Н. Возделывание крестоцветных культур в Белоруссии / В. Н. Шлапунов. – Минск : Ураджай, 1982. – 80 с.
3. Медведев, В.Д. Особенности семеноводства ярового рапса в Сибири / В. Д. Медведев // Масличные культуры. – 1983. - № 4. – С. 36–37.

4. Тютюнников, А.И. Однолетние кормовые травы / А. И. Тютюнников. – М. : Россельхозиздат, 1973. – 199 с.

5. 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.

6. 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.

7. Наумович, И.М. Урожайность и качество маслосемян гибридов F₁ ярового рапса в зависимости от сроков сева / И. М. Наумович, Я. Э. Пилюк, В. П. Самсонов // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 2. – С. 14–17.

PECULIARITIES OF SPRING RAPE DEVELOPMENT DEPENDING ON SOWING TIME
I.M. Naumovich, Y.E. Piliuk, T.N. Lukashevich

Presented are the results of three-year-old research into the influence of sowing time of spring rape on its development and yield. It's established that 21 days' delay in sowing brings about the reduction of vegetation of the variety Germes and hybrids F₁ Almas and Rubin by 8-9 days. With late sowing the yield of spring rape is reduced by 8,6-10,2 dt/ha or 29,5-34,2 % in comparison with its maximum concerning the studied genotypes.

УДК 574:539.1.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЗОЛЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ И МЕЛИОРАНТА НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИИ

Г.В. Седукова, канд. с.-х. наук, **С.А. Исаченко**, **Е.А. Тимченко**

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии» НАН Беларуси, г. Гомель
(Поступила 14.03.2019)*

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

Аннотация. Показано, что зола не оказывает существенного влияния на накопление ¹³⁷Cs в продукции овощных культур. Кп ⁹⁰Sr при этом уменьшается от 1,9 до 3,0 раз в зависимости от культуры. Представлен пример графической визуализации, разработанной по результатам исследований модели изменения плотности загрязнения почвы при внесении золы с различной удельной активностью ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

Одним из основных видов местного топлива в Республике Беларусь является древесина, что связано с наименьшими объемами капиталовложений и небольшими сроками окупаемости в сравнении с другими видами возобновляемых источников энергии [1]. В соответствии с Государственной программой «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016-2020 гг. в республике увеличивается доля местных видов топлива (МВТ) в балансе котельно-печного топлива [2], что неизбежно влечет за собой образование большого количества древесной золы, а на территории радиоактивного загрязнения – радиоактивных золных отходов.

При использовании древесины, соответствующей действующим в республике нормативам на топливную древесину по содержанию ^{137}Cs (740 Бк/кг) [3], возможно получение золы с высокой удельной активностью ^{137}Cs (содержание в древесине ^{90}Sr в РБ не нормируется). В результате исследований, выполненных РНИУП «Институт радиологии», на территории наиболее загрязненных районов Гомельской, Могилевской и Брестской областей выявлены пробы древесной золы с удельной активностью ^{137}Cs 10 000 Бк/кг и выше. Отбор проб проводился как на промышленных котельных, так и у населения [4, 5, 6, 7].

Зола, полученная от сжигания дров, традиционно используется населением республики в качестве удобрения и мелиоранта на приусадебных участках. Она повышает в почве содержание доступного калия, фосфора, натрия, магния, а также широкого комплекса микроэлементов, при жизни накопленных древесными растениями, и поэтому содержащихся в ней в количествах, близких к оптимальным для роста и развития сельскохозяйственных культур [8, 9, 10, 11].

Следует отметить, что внесение золы на приусадебные участки на территории радиоактивного загрязнения может способствовать повышению плотности загрязнения почвы радионуклидами при условии, что удельная активность радионуклидов в золе выше, чем в почве. При этом наблюдается нейтрализация обменной кислотности почвы и снижение уровней перехода ^{90}Sr из почвы в растениеводческую продукцию [4, 5, 6, 7].

С целью оценки целесообразности применения древесной золы в РНИУП «Институт радиологии» в период с 2015 г. по 2018 г. проводились научные исследования, по результатам которых были разработаны рекомендации по использованию древесной золы в личных подсобных хозяйствах на загрязненной радионуклидами территории, а также рекомендации по обращению с золой при использовании древесного топлива с различным уровнем радиоактивного загрязнения [12, 13].

Методы и методики проведения исследований. В ходе исследований проводился отбор проб древесной золы в котельных наиболее загрязненных районов Гомельской, Брестской и Могилевской областей для определения содержания радионуклидов. В помещении котельных и местах временного хранения золы проведены замеры мощности дозы γ -излучения.

С целью установления влияния древесной золы на поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур (лук на перо и репку, морковь столовая, капуста белокочанная) были проведены полевой и вегетационный эксперименты. Схема экспериментов включала контрольные варианты и варианты с внесением условно чистой золы (удельная активность (УА) радионуклидов – до 2000 Бк/кг) и высокоактивной золы (УА радионуклидов свыше 10000 Бк/кг). Повторность опыта трехкратная. Площадь деланки полевого эксперимента 8 м². Культуры возделывали согласно принятым технологиям [0, 0, 0]. Зола вносили из расчета 0,5 кг/м² почвы.

В пробах почвы и золы определяли основные показатели: рН_{KCl} – потенциометрическим методом; подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову; кальций, магний, микроэлементы – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30; содержание гумуса в почве – по Тюрину в модификации ЦИНАО.

Содержание ^{137}Cs в пробах почвы, древесных опилок, золы и продукции овощных культур определялось на γ -спектрометрических комплексах Canberra и Oxford. Радиохимическое выделение ^{90}Sr – по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на аттестованном α - β счетчике Canberra-2400. Определение форм содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве и золе – путем последовательного экстрагирования дистиллированной H_2O (водорастворимые формы), $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (обменные формы), 1н HCl (подвижные формы) и 6н HCl (фиксированные формы).

Результаты исследований и их обсуждение. *Содержание радионуклидов в древесной золе.* Обобщенные данные по удельной активности радионуклидов в пробах золы и значения мощности дозы γ -излучения (МЭД) в местах образования и временного хранения золы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Мощность дозы γ -излучения и УА радионуклидов в древесной золе из котельных

Район	МЭД, мкЗв/час		УА ^{137}Cs , Бк/кг		УА ^{90}Sr , Бк/кг	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Хойникский	0,03	0,94	743	27529	1821	54378
Брагинский	0,05	0,80	169	26310	241	64259
Ветковский	0,07	0,47	1007	29763	1143	19053
Чечерский	0,03	1,30	465	42406	750	14376
Добрушский	0,05	1,11	119	74211	81	31013
Кормянский	0,07	0,18	516	29042	625	6871
Наровлянский	0,10	0,40	1960	28266	595	19198
Пинский	0,05	0,22	237	10004	375	2391
Лунинецкий	0,06	0,11	1039	3129	907	1785
Костюковичский	0,03	0,40	475	16558	776	5539

Как видно из таблицы, около 90% максимальных значений УА ^{137}Cs в золе превышает показатель **10000** Бк/кг (категория РАО). Следовательно, при использовании древесины, соответствующей нормативным требованиям на топливную древесину по содержанию ^{137}Cs (740 Бк/кг (РДУ/ЛХ-2001)), велика вероятность получения высокоактивной золы, которая должна утилизироваться как твердые радиоактивные отходы. Содержание ^{90}Sr в древесной золе не достигает значений, по которым ее можно отнести к категории РАО.

Значения мощности дозы γ -излучения на прилегающей территории котельных не превышали показателей естественного фона, характерных для населенных пунктов, в которых проводился отбор проб золы.

Плотность загрязнения почвы

За время проведения полевого эксперимента при ежегодном внесении золы с высокой удельной активностью радионуклидов, плотность загрязнения почвы ^{137}Cs увеличилась на 14 %, ^{90}Sr – почти в 12 раз.

По результатам исследований разработана модель изменения плотности загрязнения почвы при внесении золы с различной УА ^{137}Cs и ^{90}Sr . Визуализация результатов отражается графически (рисунок 1).

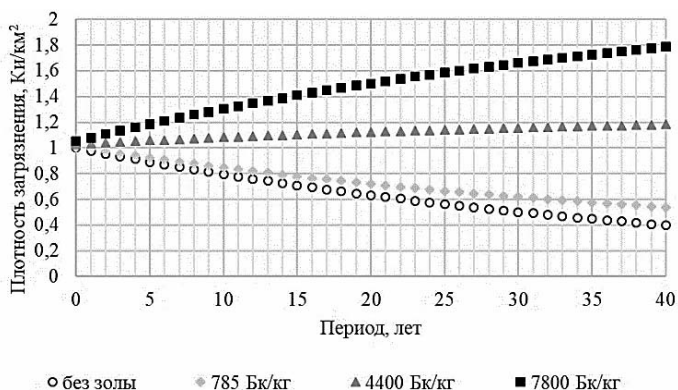


Рисунок 1 – Прогноз изменения плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs

На рисунке 1 в качестве примера представлен прогноз изменения плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs, исходная плотность загрязнения почвы 1 Ки/км². Например, за 30 лет без использования золы плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs должна снизиться до 0,5 Ки/км² за счет радиоактивного распада радионуклида. При ежегодном внесении золы (0,5 кг/м²) с УА ¹³⁷Cs 4400 Бк/кг через 30 лет плотность загрязнения почвы увеличится на 16% по сравнению с исходным уровнем загрязнения и на 132% по сравнению с участком, где золу не использовали (рисунок 1). Внесение золы с УА ¹³⁷Cs (7800 Бк/кг) может привести к увеличению плотности загрязнения на 66% и на 230% соответственно.

Если же использовать золу с низкой УА ¹³⁷Cs (785 Бк/кг), плотность загрязнения почвы будет на 23% выше, чем на участке, где золу не использовали.

Накопление радионуклидов овощными культурами

По результатам исследований рассчитаны усредненные показатели параметров перехода радионуклидов из почвы в продукцию овощных культур при использовании древесной золы (таблица 2).

Внесение золы не оказывало существенного влияния на накопление ¹³⁷Cs в продукции исследуемых культур. При этом Кп ⁹⁰Sr при внесении золы существенно уменьшался (от 1,9 до 3,0 раз) в зависимости от культуры.

Снижение перехода ⁹⁰Sr в овощные культуры можно объяснить перераспределением форм нахождения радионуклида в почве при внесении золы. Это приводило к уменьшению суммарного содержания биологически доступных форм ⁹⁰Sr в почве, и, в конечном итоге, к снижению накопления радионуклида в исследуемых культурах.

Растворимость соединений стронция, в составе которых он может находиться в золе (карбоната, сульфата или фосфата), в воде (и, соответственно, в почвенном растворе) чрезвычайно низка: SrCO₃ – 0,011 г/л, SrSO₄ – 0,132 г/л, SrHPO₃ – 0,00011 г/л [0, 0].

Аналитические исследования по определению форм нахождения радионуклидов в золе подтверждают, что подавляющая часть ⁹⁰Sr (в среднем около

Таблица 2 – Коэффициенты перехода (Кп) ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукцию овощных культур при использовании золы в качестве удобрения

Вариант	Кп ^{137}Cs , Бк/кг:кБк/м ²			Кп ^{90}Sr , Бк/кг:кБк/м ²		
	значение	σ	θ	значение	σ	θ
Капуста						
Без золы	0,007	0,003	0,002	0,44	0,12	0,08
С золой	0,013	0,006	0,003	0,15	0,12	0,06
Морковь						
Без золы	0,010	0,009	0,006	0,62	0,12	0,08
С золой	0,007	0,004	0,002	0,33	0,27	0,12
Лук (перо)						
Без золы	0,010	0,006	0,004	1,77	0,44	0,29
С золой	0,013	0,004	0,002	0,80	0,42	0,2
Лук (репка)						
Без золы	0,004	0,001	0,001	0,49	0,12	0,08
С золой	0,006	0,002	0,001	0,16	0,09	0,04

Примечание: σ – стандартное отклонение, θ – доверительный интервал

88%) содержится в малоподвижной карбонатной (кислоторастворимой) форме, в то время как в почве около 60% радионуклида находится в обменной, доступной растениям, форме [0]. Внесение золы приводит к снижению содержания обменной формы на 5,2%, в то же время содержание подвижной формы увеличивается на 5,4%. Значения содержания ^{90}Sr в растениях по вариантам различаются значительно меньше, чем в почве. Так, содержание ^{90}Sr в растениях в вариантах с активной золой выше, чем в вариантах с малоактивной золой, и в контроле в среднем в 2 раза, тогда как в почве – более чем в 40 раз.

В этой связи предполагается, что внесение в почву золы с избытком анионов CO_3^{2-} , SO_4^{2-} и PO_4^{3-} способствует связыванию ионов $^{90}\text{Sr}^{2+}$ в малоподвижные формы, в результате чего резко ограничивается возможность их участия в процессах ионного обмена, которые лежат в основе поглощения ионов корнем растения, и биологическая доступность радионуклида снижается.

Выводы

1. Использование топливной древесины в качестве местного вида топлива на территории радиоактивного загрязнения влечет за собой образование большого объема зольных отходов, в том числе и отходов с высоким содержанием радионуклидов (категория РАО).

2. Использование золы, образовавшейся при сжигании древесного топлива, заготовленного на территории радиоактивного загрязнения, в качестве мелиоранта и удобрения под сельскохозяйственные культуры, увеличивает плотность загрязнения почвы радионуклидами.

3. Внесение золы не оказывает существенного влияния на накопление ^{137}Cs в продукции овощных культур. При этом Кп ^{90}Sr при внесении золы уменьшаются от 1,9 до 3,0 раз в зависимости от культуры.

4. Неодинаковое влияние золы на параметры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукцию овощных культур обуславливается различным количеством образующихся доступных для растений соединений радионуклидов при ее внесении в почву. Внесение золы приводит к снижению суммарного содержания биологически доступных форм ^{90}Sr в почве.

Литература

1. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] / Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 10.05.2017.

2. Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] / Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 28.04.2017.

3. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей пищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001): гигиенические нормативы ГН 2.6.1.10-1-01-2001 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 20. – 8/4937. – 3 с.

4. Изучить влияние внесения древесной золы на поступление ^{90}Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур: Отчет о НИР (годовой). № госрегистрации 20150280. Договор №2 от 16.02.2015 г. РНИУП «Институт радиологии» / Науч. рук. к.с.-х.н. Г.В. Седукова. Гомель, 2015. 60 с.

5. Изучить влияние внесения древесной золы на поступление ^{90}Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур: Отчет о НИР (годовой). № госрегистрации 20163605. Договор №10 от 26.01.2016 г. РНИУП «Институт радиологии» / Науч. рук. к.с.-х.н. Г.В. Седукова. Гомель, 2016. 48 с.

6. Изучить влияние внесения древесной золы на поступление ^{90}Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур: Отчет о НИР (годовой). № госрегистрации 20163605. Договор №10 от 26.01.2016 г. РНИУП «Институт радиологии» / Науч. рук. к.с.-х.н. Г.В. Седукова. Гомель, 2017. 46 с.

7. Изучить влияние внесения древесной золы на поступление ^{90}Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур: Отчет о НИР (аннотационный). № госрегистрации 20163605. Договор №10 от 26.01.2016 г. РНИУП «Институт радиологии» / Науч. рук. к.с.-х.н. Г.В. Седукова. Гомель, 2018. 26 с.

8. Демаков Ю.П., Швецов С.М., Швецов А.М. Зольный состав древесины различных пород деревьев в пойменном биотопе [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://cyberlenin-ka.ru/article/n/zolnyy-sostav-drevesiny-razlichnyh-porod-dereviev-v-poymennom-biotope>. – Дата доступа: 20.02.2018.

9. Родин, Л.Е. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара / Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич. – М.-Л.: Наука, 1965. – 252 с.

10. Методы биогеохимических исследование растений / Под. Ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 450 с.

11. Демаков, Ю.П. Потребление и вынос древесными растениями зольных элементов / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев, А.М. Швецов // Вестник ПТГУ. – 2013. – № 1. – С. 36-42.

12. Рекомендации по использованию древесной золы в личных подсобных хозяйствах на загрязненной радионуклидами территории / РНИУП «Институт радиологии», Г.В. Седукова, М.И. Автушко, С.А. Исаченко, Е.А. Тимченко. – Гомель, 2018. – 25 с.

13. Рекомендации по обращению с золой при использовании древесного топлива с различным уровнем радиоактивного загрязнения / РНИУП «Институт радиологии», Г.В. Седукова, М.И. Автушко, С.А. Исаченко, Е.А. Тимченко. – Гомель, 2018. – 18 с.

14. Гануш, Г.И. Овощеводство Беларуси: Экономика, организация, агротехника / Г.И. Гануш. – Мн.: Ураджай, 1996. – 272 с.
15. Справочник по овощеводству / В.И. Алексашин [и др.]; сост. В.А. Брызгалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1982. – 511 с.
16. Попков, В.А. Лук в условиях Республики Беларусь: Биология, агротехника, экономика. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2001. – 400 с.: 34 ил.
17. Гороновский, И.Т. Краткий справочник по химии / И.Т. Гороновский, Ю.Н. Назаренко, Е.Ф. Некряч. – Киев: Наукова думка, 1974. – 992 с.
18. Таблица растворимостей [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.chemport.ru/data/data1047.shtml>. – Дата доступа: 20.02.2015.

**USE OF WOOD ASH AS A FERTILIZER AND AMELIORANT ON THE TERRITORY
CONTAMINATED WITH RADIONUCLIDES
G.V. Sedukova, S.A. Isachenko, E.A. Timchenko**

It is shown that ash does not have a significant effect on the accumulation of ^{137}Cs in vegetable products, while $\text{Kn } ^{90}\text{Sr}$ transfer factor is reduced from 1,9 to 3,0 depending on the crop. Presented is the example of graphic visualization developed in accordance with the results of the research on the model of changing the density of soil contamination when ash with different specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr is applied.

УДК 633.853.494«324»:631.84

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОСЕВАХ ОЗИМОГО
РАПСА НА МАСЛОСЕМЕНА**

Я.Э. Пилюк, Т.Н. Лукашевич, В.Н. Безлюдный, кандидаты с.-х. наук,
М.В. Ровдо, научный сотрудник, **А.В. Шаповалов**, мл. научный сотрудник
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 29.04.2019)

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по оценке эффективности доз и сроков применения азотных удобрений в посевах озимого рапса сорта Имперал. Установлено, что внесение 150 кг/га азота в два приема (90 кг/га – в начале возобновления весенней вегетации, 60 кг/га – через 2 недели после первой подкормки) обеспечивает получение 41,8 ц/га маслосемян с рентабельностью 150,8 % и себестоимостью полученной продукции - 12,53 долл./ц.

Одним из основных условий получения высоких урожаев семян рапса является рациональное применение минеральных удобрений. Рапс характеризуется высокой потребностью в питательных веществах, большую долю которых (65-70%) он потребляет до фазы цветения. От всходов до конца цветения рапс использует 96-98% азота. Вынос его с 1 ц семян составляет 3,6-3,9 кг, а с учетом соломы – 4,8-5,3 кг [1]. Поэтому в начале весеннего возобновления вегетации культуры после оценки перезимовки очень важно своевременное обеспечение его элементами питания, и, прежде всего, азотом – основным «строительным материалом». Он в этот период необходим для стимулирования отрастания рапса, восстановления поврежденных и опавших листьев, образования больше-

го количества боковых ветвей и цветков на них. Оптимальная доза азота в первую подкормку озимого рапса составляет 80-120 кг/га д.в. Вторая подкормка азотными удобрениями в дозе 40-80 кг/га проводится через 2,5-3 недели в фазу стеблевания – бутонизации. Результатом ее является усиление ветвления и образование ветвей 2-го и последующих порядков. Недостаток питания в этот период приводит к снижению числа стручков на растении и семян в них [2]. Третья подкормка озимого рапса при благоприятных условиях вегетации и при планируемом высоком урожае проводится через 7-10 дней после второй в дозе 30-60 кг/га и способствует сохранению количества семян в стручке и повышению массы 1000 семян.

Анализ многолетних исследований (1986-2015 гг.), проведенных в различных почвенно-климатических условиях Беларуси, показал, что из технологических приемов наибольшую прибавку урожайности маслосемян рапса озимого обеспечивает оптимальное применение в посевах культуры азотных удобрений (11,6-21,8 ц/га или 57-122%) [3]. Дозы азотных удобрений под рапс озимый зависят от планируемого урожая, плодородия почвы, погодных условий, густоты стояния растений, сорта и др.

В Гродненской области на дерново-подзолистой супесчаной почве рапс озимый (сорт *Лидер*) наибольшую урожайность маслосемян формировал при внесении азота в дозе 200 кг/га, в том числе 100 – в начале возобновления весенней вегетации растений, 50 – в фазу начала бутонизации и 50 кг/га – в фазу полной бутонизации [4]. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве для получения урожайности маслосемян рапса озимого сорт *Козерог* 34-43 ц/га на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве рекомендуется вносить 150 кг/га азота в форме сульфата аммония в три приема: N_{20} – до посева, N_{90} – в период весеннего возобновления вегетации культуры и N_{40} – в фазу бутонизации [5]. В опытах, проведенных в центральной части Беларуси на среднекультуруренной легкосуглинистой почве с содержанием гумуса 1,94-2,01%, наибольшая урожайность (28,1 ц/га) рапса озимого *Прогресс* получена при внесении 200 кг/га д.в. азотного удобрения (мочевина) в два приема. В этом варианте отмечен максимальный чистый доход (4061,79 тыс. руб./га), наибольшая рентабельность (87,4%) и наименьшая себестоимость маслосемян (165,45 тыс.руб./га) в ценах по состоянию на 01.08.2012 [6].

Результаты других исследований показали, что под рапс озимый можно использовать все виды и формы азотных удобрений [4, 7]. Во избежание полегания озимых культур и потерь азота от вымывания Н.Н. Семененко [8] также рекомендует дробное его внесение при дозах свыше 100 кг/га.

Создание и включение в Государственный реестр сортов Республики Беларусь новых высокопродуктивных отечественных сортов рапса озимого, изменение климата в сторону потепления требуют зонального уточнения доз и сроков внесения азотных удобрений, что послужило причиной изучения этого вопроса в наших исследованиях.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2017-2018 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, под-

стилаемая с глубины 0,5-0,7 м мореной. Мощность пахотного горизонта 20-22 см. Содержание гумуса – 2,03-2,34%, P_2O_5 – 225-234 мг/кг, K_2O – 182-205 мг/кг почвы, pH – 6,02-6,14. Предшественник – озимый ячмень. Сорт рапса озимого *Империал*. Норма высева – 0,8 млн/га всхожих семян. Срок посева под урожай 2017 г. – 20.08.2016, под урожай 2018 г. – 17.08.2017. Общая площадь делянки – 28 м², учетная – 20 м², повторность 4-х кратная. Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили из расчета 80 кг/га д.в. и калийные (хлористый калий) – 120 кг/га д.в. осенью под вспашку общим фоном. Азотные удобрения (карбамид) вносили весной в виде подкормок: первая – при возобновлении вегетации рапса озимого, вторая – через две недели после первой согласно схеме опыта. Уход за посевами соответствовал требованиям отраслевого регламента. Перед уборкой в 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). Учет урожая проводили методом сплошного обмолота комбайном «Нега» по делянкам с пересчетом на 100% чистоту и 9% влажность. 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 Na_2PdCl_4 .

Погодные условия за годы исследований существенно отличались как между собой, так и от среднесуточных значений. 2017 г. характеризовался как умеренно теплый, среднесуточная температура воздуха за весенне-летний период вегетации (апрель-июль) составила 14,0 °С при норме 13,6 °С. Сумма атмосферных осадков за этот период (289,5 мм) соответствовала многолетним значениям (277,0 мм), однако для них характерна неравномерность выпадения. Наиболее влажными были 3-я декада апреля – 1-я декада мая (206-231% к норме), 3-я декада июня (148%) и 2-3-я декады июля (125-206%). Большой дефицит осадков (72-80%) отмечался во 2-3-й декадах мая и 1-й декаде июня.

В 2018 г. было жарко и сухо. Сумма атмосферных осадков за апрель-июль составила 196,1 мм, или 70,8% от климатической нормы. В апреле сумма осадков составила 18,9 мм (38,6% от нормы) Особенно сухим месяцем был май, за который выпало только 9,8 мм (16,9%) осадков на фоне превышения среднесуточной температуры воздуха за этот период на 2,1-5,0 °С. Засуха продолжалась до середины июня при температуре воздуха 16,1-17,9 °С (+0,6-1,7 °С к норме). Продолжительные неблагоприятные погодные условия в 2018 г. совпали с периодом закладки и формирования генеративных органов рапса озимого, что негативно отразилось на его урожайности.

Результаты исследований и их обсуждение. Наши исследования показали, что урожайность маслосемян рапса озимого существенно изменяется в зависимости от доз азотного удобрения, сроков их внесения и погодных условий года. В варианте без азота (на фоне $P_{80}K_{120}$) в среднем за два года она составила 24,8 ц/га (таблица 1). Применение возрастающих доз азотных удобрений от 60 до 150 кг/га д.в. способствовало повышению урожайности маслосемян рапса озимого на 6,4-17,0 ц/га или 25,8-68,5% по сравнению с фоном $P_{80}K_{120}$.

При внесении 90 кг/га азота в первую подкормку прибавка урожайности составила 11,5 ц/га (+46,4% к фону), при дополнительном внесении к этой же дозе через две недели N₃₀, N₆₀ и N₉₀ урожайность выросла соответственно еще на 2,9, 5,5 и 5,8 ц/га (+8,0; 15,2 и 16,0% к N₉₀). Следует отметить, что в сравнительно благоприятном 2017 г. рапс озимый сформировал в зависимости от варианта 38,7-52,9 ц/га маслосемян или на 62,6-77,4% больше, чем в 2018 г. Наибольшая окупаемость 1 кг внесенного азота отмечена при дозах N₉₀ – N₁₅₀ и составила в среднем 12,8-11,3 кг, тогда как при N₆₀ и N₁₈₀ – соответственно 10,7 и 9,6 кг маслосемян рапса озимого.

Таблица 1 – Урожайность маслосемян рапса озимого в зависимости от доз и сроков внесения азотного удобрения

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к фону		Прибавка к N ₉₀	
	2017 г.	2018 г.	среднее	ц/га	%	ц/га	%
P ₈₀ K ₁₂₀ – фон*	29,0	20,7	24,8	-	-	-	-
Фон+N ₆₀	38,7	23,8	31,2	6,4	25,8	-	-
Фон+N ₉₀	45,8	26,8	36,3	11,5	46,4	-	-
Фон+N ₁₂₀ (90+30)	50,2	28,3	39,2	14,4	58,1	2,9	8,0
Фон+N ₁₅₀ (90+60)	51,9	31,6	41,8	17,0	68,5	5,5	15,2
Фон+N ₁₈₀ (90+90)	52,9	31,3	42,1	17,3	69,8	5,8	16,0
НСР _{0,95}	2,32	1,74					

Указанное выше действие различных доз азотных удобрений на урожайность рапса озимого обусловлено положительным влиянием их на формирование элементов структуры урожая культуры. Так, при выращивании рапса без азота на фоне P₈₀K₁₂₀ число стручков на растении в среднем за 2 года составило 113, в т.ч. на боковых ветвях 84 штуки (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние доз и сроков внесения азотного удобрения на элементы структуры урожая рапса озимого (среднее за 2017-2018 гг.)

Вариант	Число стручков, шт.			Число семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г
	центральная кисть	боковые ветви	всего на растении		
P ₈₀ K ₁₂₀ – фон	29	84	113	25,7	4,52
Фон+N ₆₀	33	115	148	27,6	4,60
Фон+N ₉₀	36	135	171	28,3	4,68
Фон+N ₁₂₀ (90+30)	37	148	185	29,2	4,82
Фон+N ₁₅₀ (90+60)	38	157	195	30,8	4,92
Фон+N ₁₈₀ (90+90)	37	159	196	30,9	4,90

При весеннем внесении на данном фоне мочевины в дозах N₆₀-N₁₅₀ число стручков на растении увеличилось на 31,0-72,6, на боковых ветвях – на 36,9-86,9%. Число семян в стручке на удобренных азотом вариантах составило 27,6-

30,8 штук или на 7,4-19,8% больше, чем на фоне $P_{80}K_{120}$. Масса 1000 семян при этом повысилась на 1,8-8,8%. Дальнейшее увеличение дозы азота до 180 кг/га (N_{90+90}) не сопровождалось изменением элементов структуры урожая и в целом урожайности маслосемян рапса озимого.

Изучаемые дозы азотного удобрения оказали значительное влияние на биохимический состав маслосемян рапса озимого (таблица 3). Применение их сопровождалось снижением содержания жира, глюкозинолатов и повышением содержания белка. Так, в среднем за 2 года на фоне $P_{80}K_{120}$ содержание жира в маслосеменах рапса составило 47,6% и снизилось до 46,4-44,7% при внесении N_{60} - N_{180} . Содержание белка на фоне составило 18,8%, тогда как на удобренных азотом вариантах, наоборот, было выше на 0,7-3,5%. В 2018 г. семена рапса озимого выделялись более высокой масличностью (+0,9-2,3%) и более низким содержанием белка (-0,3-1,0%) по сравнению с 2017 г.

Таблица 3 – Биохимический состав маслосемян рапса озимого в зависимости от доз и сроков внесения азотного удобрения (среднее за 2017-2018 гг.)

Вариант	Содержание, %			Выход с 1 га, ц	
	жир	белок	глюкозинолаты	жир	белок
$P_{80}K_{120}$ – фон	47,6	18,8	0,78	11,8	4,6
Фон+ N_{60}	46,4	19,5	0,72	14,4	6,2
Фон+ N_{90}	45,7	20,4	0,68	16,6	7,4
Фон+ N_{120} (90+30)	45,2	21,2	0,66	17,6	8,4
Фон+ N_{150} (90+60)	44,9	22,2	0,64	18,6	9,2
Фон+ N_{180} (90+90)	44,7	22,3	0,68	18,8	9,4

Несмотря на некоторое снижение содержания жира в маслосеменах рапса по мере увеличения доз азотных удобрений сбор его с гектара возрастал с 14,4 ц (фон + N_{60}) до 18,6 ц (фон + N_{90+60}) или на 22,0-57,6% по сравнению фоном $P_{80}K_{120}$. Выход белка на указанных вариантах вырос с 6,2 до 9,2 ц/га, что составляет 34,8-100% к фону.

Расчеты экономической эффективности выращивания рапса озимого на маслосемена при различных дозах и сроках внесения азотного удобрения показали, что производственные затраты при применении азота N_{60} - N_{180} (90+90) увеличились на 37,3-109,9 долл./га или 8,7-25,6% по сравнению с фоном $P_{80}K_{120}$, в то время как стоимость полученной продукции в этих вариантах выросла на 201,2-543,7 долл./га или 25,8-69,7% (таблица 4). Наибольший чистый доход (790,0 долл./га) и рентабельность (150,8%) отмечены при внесении азота в дозе N_{150} в два приема, что соответственно в 2,3 раза и на 68,8% выше, чем в варианте без применения азота. Себестоимость полученной продукции уменьшилась за счет повышения уровня азотного питания с 17,27 ($P_{80}K_{120}$) до 12,53 долл./ц (N_{150} $P_{80}K_{120}$), или на 52,6%.

Таблица 4 – Экономическая эффективность доз и сроков внесения азотного удобрения в посевах рапса озимого (среднее за 2017-2018 гг.)

Показатель	Р ₈₀ К ₁₂₀ -фон	Фон + N ₆₀	Фон + N ₉₀	Фон + N ₁₂₀ (90+30)	Фон + N ₁₅₀ (90+60)	Фон + N ₁₈₀ (90+90)
Урожайность, ц/га	24,8	31,2	36,3	39,2	41,8	42,1
Стоимость продукции, долл./га	779,4	980,6	1140,9	1232,0	1313,7	1323,1
Производственные затраты, долл./га	428,3	465,6	487,5	505,6	523,7	538,2
Чистый доход, долл./га	351,1	515,0	653,4	726,4	790,0	784,9
Рентабельность, %	82,0	110,6	134,0	143,7	150,8	145,8
Себестоимость, долл./ц	17,27	14,92	13,43	12,90	12,53	12,78

Выводы

1. В условиях дерново-подзолистых супесчаных почв центральной части Беларуси максимальную урожайность маслосемян (41,8 ц/га) рапс озимый сорта *Империал* формирует при внесении на фоне Р₈₀К₁₂₀ азота в дозе 150 кг/га, в т.ч. 90 кг/га – в начале возобновления весенней вегетации, 60 кг/га – через 2 недели после первой подкормки.

2. Применение азотных удобрений под рапс озимый в дозах N₆₀-N₁₅₀ сопровождается увеличением числа стручков на растении на 31,0-72,6%, числа семян в стручке – на 7,4-19,8 и массы 1000 семян – на 1,8-8,8% по сравнению с фоном Р₈₀К₁₂₀.

3. Возрастающие дозы азота приводят к снижению масличности с 47,6 до 44,7%, содержания глюкозинолатов с 0,78 до 0,64% и повышению содержания белка с 18,8 до 22,3%, однако по сравнению с вариантом без азота сбор масла с 1 га увеличивается на 22,0-57,6, выход белка – на 34,8-100%.

4. Наибольший чистый доход (790,0 долл./га), рентабельность (150,8 %) и наименьшая себестоимость (12,53 долл./ц) получены при внесении азота в дозе N₁₅₀ в два приема.

Литература

1. Пилюк, Я.Э. Рапс в Беларуси : (биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пилюк. – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 240 с.
2. Пилюк, Я.Э. Методические рекомендации по оценке состояния посевов рапса после переувлажнения и заморозков / Я.Э. Пилюк [и др.]; РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Жодино, 2012. – 34 с.
3. Пилюк, Я.Э. Эффективность элементов технологий возделывания озимого и ярового рапса / Я.Э. Пилюк [и др.] // Рапс: настоящее и будущее. К 30-летию возделывания рапса в Беларуси : матер. III Межд. науч.-практ. конференции, 15-16 сентября, г. Жодино / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – С. 65-67.
4. Седляр, Ф.Ф. Влияние форм азотных удобрений, микроэлементов и регуляторов роста на урожайность маслосемян озимого рапса / Ф.Ф. Седляр, С.Н. Гурская // Рапс: масло, бек, биодизель : матер. Меж. науч.-практ. конференции (25-27 сентября, г. Жодино) / под

общ. ред. д.-ра с.-х. наук, профессора М.А. Кадырова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006. – С. 143-148.

5. Юргель С.И. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество семян ярового и озимого рапса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве : автореф. дис. ... канд.с.-х. наук. 06.01.04 / С.И. Юргель. – Минск, 2006. – 21 с.

6. Булавин Л.А. Экономическая эффективность азотных удобрений на посевах озимого и ярового рапса / Л.А. Булавин // Почвоведение и агрохимия. - 2012. – №2. – С.276-282.

7. Пилюк, Я.Э. Влияние доз и форм азотных удобрений на урожайность маслосемян озимого рапса / Я.Э. Пилюк, А.П. Козлова, С.Ю. Булакова // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: матер. н.-п. конференции – Часть 2. Горки, 2003. – С. 232-235.

8. Семененко Н. Избытком удобрений не восполнить недостаток знаний. / Н. Семененко // Наше сельское хозяйство. – 2013. – №17. – С. 41-44.

EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILIZERS ON WINTER RAPE FOR OIL SEEDS

Ya. E. Pilyuk, T.N. Lukashevich, V.N. Bezludny, M.V. Rovdo, A.V. Shapovalov

The article deals with the results of the research on evaluation of the efficiency of doses and time of nitrogen fertilizers application to winter rape of the variety Imperial. It's established that application of 150 kg/ha of nitrogen in 2 stages (90 kg/ha – at the beginning of spring vegetation, 60 kg/ha – 2 weeks after the first top dressing) provides 41,8 dt/ha of oilseeds with profitability of 150,8% and cost price of 12,53\$/dt.

УДК 631.84:631.559: 633.11 «324»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛОМЫ ОВСА И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Л.А. Булавин, доктор с.-х. наук, А.П. Гвоздов, канд. с.-х. наук, Д.Н. Куцев, В.Д. Кранцевич, М.А. Белановская, В.А. Ханкевич

**РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 22.02.2019)**

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

***Аннотация.** В статье изложены результаты исследований по экономической эффективности применения соломы предшественного овса и возрастающих доз азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы. Установлено, что в среднем за два года снижение урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием соломы овса отмечалось лишь на безазотном фоне. При внесении возрастающих доз азота солома предшественника увеличивала урожайность на 0,6-1,0%. Наибольший чистый доход от возделывания озимой пшеницы был получен при использовании соломы овса на удобрение и внесении азота в дозе $N_{70+70+20}$.*

Перспективным агроприемом при возделывании озимых зерновых культур является использование соломы предшественников на удобрение. По оценке специалистов, при использовании соломы на удобрение затраты труда на 85% ниже по сравнению с применением подстильного навоза, для производства которого ее обычно используют [2]. При этом за счет дополнительного поступления в почву с соломой фосфора и калия их дозы под последующую культуру можно уменьшить соответственно на 10 и 50-70 кг/га д.в., что сокращает затра-

ты на применение минеральных удобрений на 16-17% [6, 7]. Использование соломы на удобрение позволяет не только снизить производственные затраты на уборку ее с полей, но и дает возможность провести обработку почвы и посев в оптимальные сроки, что способствует повышению урожайности.

Методика и условия проведения исследований. В 2017-2018 гг. изучали влияние соломы овса на урожайность и качество зерна последующей озимой пшеницы. Исследования проводили в Смолевичском районе Минской области на высококультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве (гумус – 2,45-2,67%, P₂O₅ – 303-314 мг/кг, K₂O – 289-301 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,9-6,3). Солому предшествующего овса в одном блоке опыта убирали с поля, а в другом использовали на удобрение. Озимую пшеницу сорта *Августина* возделывали по вспашке, перед проведением которой применяли фосфорные и калийные удобрения в дозе P₆₀K₁₂₀. Азотные удобрения вносили в соответствии со схемой опыта, которая будет представлена ниже. Технология возделывания озимой пшеницы за исключением изучаемых факторов проводилась в соответствии с отраслевым регламентом [3].

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что влияние соломы овса на урожайность зерна последующей озимой пшеницы изменялось в зависимости от погодных условий в течение вегетационного периода, а также от уровня применения азотных удобрений. Так, например, в 2017 г., который характеризовался достаточным увлажнением, что способствовало интенсивному разложению соломы в почве, урожайность зерна озимой пшеницы при возделывании ее без использования азотных удобрений снижалась под влиянием соломы предшественника на 3,4 ц/га (8,2%). Негативное влияние соломы связано с недостатком азота в почве и отрицательным влиянием на растения накопившихся в ней при разложении токсичных фенольных веществ [2]. В вариантах, где вносили азотные удобрения, снижение урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием соломы предшествующего овса находилось в пределах 1,3-2,0 ц/га (2,0-3,5%), уменьшаясь по мере возрастания дозы азота (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость урожайности зерна озимой пшеницы от использования соломы предшествующего овса и применения азотных удобрений, ц/га

Вариант	Уборка соломы с поля			Использование соломы на удобрение		
	2017 г.	2018 г.	Среднее	2017 г.	2018 г.	Среднее
P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	41,4	26,3	33,9	38,0	28,0	33,0
Фон + N ₇₀₊₅₀	57,1	39,0	48,1	55,1	41,0	48,1
Фон + N ₇₀₊₇₀	61,5	41,1	51,3	60,1	43,4	51,8
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	66,1	41,2	53,7	64,6	43,3	54,0
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	65,7	40,8	53,3	64,4	43,0	53,7

HCP₀₅

4,0

3,2

В засушливых условиях 2018 г., когда солома овса разлагалась медленнее, снижения урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием этого фактора не

отмечалось. В варианте без применения азота при использовании соломы овса на удобрение урожайность этой культуры увеличилась на 1,7 ц/га (6,5%). Применение возрастающих доз азота способствовало увеличению прибавки урожайности зерна озимой пшеницы от соломы предшественника до 2,0-2,3 ц/га (5,1-5,6%). Положительное ее влияние на урожайность зерна связано с повышением влажности почвы в этих вариантах и улучшением физических свойств пахотного горизонта. О положительном влиянии в почвенно-климатических условиях Беларуси соломы предшествующей культуры на урожайность зерна последующей озимой пшеницы свидетельствуют результаты других исследований [4].

В среднем за период исследований снижение урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием соломы овса отмечалось лишь на безазотном фоне, где этот показатель уменьшился на 0,9 ц/га (2,7%). На фоне возрастающих доз азота урожайность зерна озимой пшеницы под влиянием этого фактора либо не изменялась, либо повышалась на 0,3-0,5 ц/га (0,6-1,0%).

Важнейшим показателем качества зерна озимой пшеницы является содержание в нем сырого протеина. Установлено, что при уборке соломы овса с поля и возделывании озимой пшеницы без применения азотных удобрений содержание сырого протеина в зерне составило в среднем за два года 8,1%. Под влиянием соломы предшествующего овса этот показатель снижался на безазотном фоне в среднем на 0,1%. При внесении возрастающих доз азота содержание белка в зерне в среднем за период исследований при уборке соломы овса с поля находилось в пределах 10,9-12,4%. Под влиянием соломы этот показатель не изменялся лишь в варианте с дозой азота $N_{70+70+20+20}$. При других уровнях азотного питания растений отмечалось его снижение на 0,1-0,3% (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние соломы овса и азотных удобрений на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы, %

Вариант	Уборка соломы с поля			Солома на удобрение		
	2017 г.	2018 г.	Среднее	2017 г.	2018 г.	Среднее
$P_{60}K_{120}$ -фон	7,6	8,5	8,1	7,5	8,5	8,0
Фон + N_{70+50}	9,2	12,5	10,9	8,4	12,8	10,6
Фон + N_{70+70}	9,5	13,2	11,4	8,3	13,8	11,1
Фон + $N_{70+70+20}$	10,5	13,3	11,9	9,4	14,2	11,8
Фон + $N_{70+70+20+20}$	11,2	13,6	12,4	10,7	14,1	12,4

Для объективной оценки полученных результатов был проведен их экономический анализ. Расчет эксплуатационных затрат, включающих амортизационные отчисления на используемую технику, затраты на ее обслуживание и ремонт, заработную плату механизаторов, топливо и энергию, прочие затраты осуществлялся по общепринятой методике [5]. При этом во внимание принимались ранее опубликованные нормативы на прямое комбайнирование с измельчением соломы и прямое комбайнирование с укладкой соломы предшественника в валки, ее прессование, погрузку, транспортировку, разгрузку, укладку ру-

лонов в скирду, а также на проведение всех агроприемов по возделыванию озимой пшеницы [1]. С учетом указанных выше нормативов и средневзвешенного курса доллара за 2014 г., а также величины этого показателя по состоянию на 01.04.2018 г., т.е. на начало полевых работ в год завершения исследований, эксплуатационные затраты на прямое комбайнирование с измельчением соломы составили 308,33 руб./га, прямое комбайнирование с уборкой соломы предшествующего овса с поля 342,36 руб./га. Поэтому эксплуатационные затраты по вариантам опыта изменялись в зависимости от использования соломы предшественника, применения азотных удобрений и урожайности зерна озимой пшеницы в пределах 639,98-771,60 руб./га (таблица 3).

Таблица 3 – Расчет производственных затрат при возделывании озимой пшеницы (среднее за 2017-2018 гг.)

Вариант	Семена, руб./га	Минеральные удобрения, руб./га	Пестициды, руб./га	Эксплуатационные затраты, руб./га	Производственные затраты, руб./га
Уборка соломы овса с поля					
Р ₆₀ К ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,21	676,28	1207,91
Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,21	735,25	1429,66
Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,21	743,29	1464,83
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,21	760,97	1509,64
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,21	771,60	1547,40
Использование соломы овса на удобрение					
Р ₆₀ К ₁₂₀ -фон	95,48	119,94	316,21	639,98	1171,61
Фон + N ₇₀₊₅₀	95,48	282,72	316,21	701,22	1395,63
Фон + N ₇₀₊₇₀	95,48	309,85	316,21	710,52	1432,06
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	95,48	336,98	316,21	727,69	1476,36
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	95,48	364,11	316,21	738,58	1514,38

Расчет производственных затрат проводили по всем вариантам опыта с учетом использования соломы предшествующей культуры, стоимости семян, применения азотных удобрений и пестицидов в ценах по состоянию на 01.04.2018 г. В соответствии с проведенными расчетами производственные затраты на возделывание озимой пшеницы изменялись по вариантам опыта в пределах 1171,61-1547,40 руб./га (таблица 3).

Установлено, что при возделывании озимой пшеницы с уборкой соломы предшествующего овса с поля без применения азотных удобрений чистый доход составил 31,67 руб./га, рентабельность 2,63%, а себестоимость зерна 35,64 руб./ц. В варианте, где солому предшественника использовали на удобрение и не вносили азот, чистый доход увеличивался на 3,40 руб./га, рентабельность на 0,37%, а себестоимость снижалась на 0,13 руб./ц (таблица 4).

При внесении возрастающих доз азота чистый доход в блоке опыта, где солому овса убирали с поля, находился в пределах 329,17-453,96 руб./га, рентабельность 23,03-30,07%, а себестоимость зерна 28,12-29,73 руб./ц. Наилучшими

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы (среднее за 2017-2018 гг.)

Вариант	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость, руб./ц
Уборка соломы овса с поля					
Р ₆₀ К ₁₂₀ -фон	1239,58	1207,91	31,67	2,63	35,64
Фон + N ₇₀₊₅₀	1758,83	1429,66	329,17	23,03	29,73
Фон + N ₇₀₊₇₀	1875,84	1464,83	411,01	28,06	28,56
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	1963,60	1509,64	453,96	30,07	28,12
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	1948,97	1547,40	401,57	25,96	29,04
Использование соломы овса на удобрение					
Р ₆₀ К ₁₂₀ -фон	1206,68	1171,61	35,07	3,00	35,51
Фон + N ₇₀₊₅₀	1758,83	1395,63	363,20	26,03	29,02
Фон + N ₇₀₊₇₀	1894,12	1432,06	462,06	32,27	27,65
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀	1974,56	1476,36	498,20	33,75	27,34
Фон + N ₇₀₊₇₀₊₂₀₊₂₀	1963,60	1514,38	449,22	29,67	28,20

эти показатели были в варианте с применением азота в дозе N₇₀₊₇₀₊₂₀. В блоке опыта с использованием соломы предшествующего овса на удобрение указанные выше показатели составили 363,20-498,20 руб./га, 26,03-33,75%, 27,34-29,02 руб./ц. Следовательно, под влиянием соломы овса чистый доход увеличивался в зависимости от дозы применяемого азота на 34,03-51,05 руб./га, рентабельность на 3,00-4,21%, а себестоимость снижалась на 0,71-0,91 руб./ц. Максимальный экономический эффект от возделывания озимой пшеницы был получен в варианте где при использовании соломы предшествующего овса на удобрение применяли азот в дозе N₇₀₊₇₀₊₂₀.

Выводы

1. При возделывании озимой пшеницы сорта *Августина* на высококультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве снижение урожайности зерна этой культуры под влиянием соломы предшествующего овса отмечалось при достаточном увлажнении в период вегетации растений. В засушливых условиях имела место обратная закономерность. В среднем за период исследований снижение урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием соломы овса отмечалось лишь на безазотном фоне. При внесении возрастающих доз азота за счет использования соломы на удобрение урожайность озимой пшеницы увеличивалась на 0,6-1,0%.

2. Наибольший экономический эффект от возделывания озимой пшеницы был получен при использовании соломы овса на удобрение и внесении азота в дозе N₇₀₊₇₀₊₂₀. Чистый доход в этом случае составил 498,20 руб./га, рентабельность 33,75%, а себестоимость зерна 27,34 руб./ц. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при возможности внесении на посевах озимой пшеницы рекомендованной дозы азота солома предшествующего овса при необходимости может использоваться на удобрение этой культуры.

Литература

1. *Апресян, О.Г.* Эффективность различных технологий возделывания озимого рапса / О.Г. Апресян, Л.А. Булавин, А.В. Ленский // *Аграрная экономика*. – 2014. – № 12. – С. 32-39.
2. *Визла, Р.Р.* Рекомендации по использованию излишков соломы в качестве удобрений / Р.Р. Визла – Рига, 1988. – 9 с.
3. Возделывание озимой пшеницы. Отраслевой регламент // *Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб.отр.регл.; под. общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И.Привалова*. – Минск: РУП «Изд. дом «Белорусская наука», 2012. – С. 45-63.
4. *Емельянова, В.Н.* Опыт применения соломы как органического удобрения в Беларуси / В.Н. Емельянова, Ф.Н. Леонов, А.К. Золотарь // *Агрохимия и экология: история и современность. Матер. межд. науч.-практ. конф., Нижегородская ГСХА*. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2008. – Т.1. – С. 139-143.
5. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151-2008. – Введ. 17.11.2008. – Минск: Минсельхозпрод, Белорус. машиноиспытательная станция, 2008. – 15 с.
6. *Кирдун, Т.М.* Влияние запашки побочной продукции предшественников и доз минеральных удобрений на урожайность гречихи на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т.М. Кирдун, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // *Почвоведение и агрохимия*. – 2016.– №1. – С.121-128.
7. *Кирдун, Т.М.* Влияние запашки соломы предшественника и доз минеральных удобрений на урожайность овса голозерного на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т.М. Кирдун, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // *Почвоведение и агрохимия*. – 2017. – №2. – С.130-138.

EFFICIENCY OF THE USE OF OATS STRAW AND NITROGEN FERTILIZERS IN THE PROCESS OF WINTER WHEAT CULTIVATION

L.A. Bulavin, A.P. Gvozdev, D.N. Kutsev, V.D. Krantsevich, M.A. Belanovskaya, V.A. Khankevich

The paper states the results of the research on the economic efficiency of oats straw use and increasing doses of nitrogen fertilizers in the process of winter wheat cultivation. It's established that on average for two years the reduction of winter wheat yield under the influence of oats straw is registered only on a nitrogen free background. With the application of increasing doses of nitrogen the straw of a preceding crop increases the yield by 0.6-1,0 %. The highest net profit of winter wheat cultivation is made with the use of oats straw for fertilizers and application of nitrogen in a dose of $N_{70+70+20}$.

УДК 633.13:631[51+559]:631.1(003.13)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ 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

(Поступила 19.02.2019)

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

Аннотация. В статье представлена информация о взаимосвязи урожайности зерна овса с погодными условиями в период вегетации. Дана оценка долевого влияния условий вегетационного периода и уровня интенсификации технологии возделывания на изменение

урожайности, а также взаимодействия этих факторов. Проведена экономическая оценка эффективности уровня интенсификации технологии возделывания овса при производстве семян элиты, семян первой репродукции, продовольственного зерна 1-го класса, фуражного зерна и зерна для переработки на комбикорм.

Введение. Реализация потенциала продуктивности районированных в Республике Беларусь сортов овса зависит от эффективности агроприемов, составляющих технологию возделывания культуры. В то же время применение возрастающего объема средств интенсификации не всегда оправдано.

В условиях зоны рискованного земледелия, к которой относится наша республика, отдача от высокоинтенсивных технологий возделывания в значительной степени зависит от складывающихся погодных условий. Одним из главных факторов, который определяет эффективность интенсификации возделывания овса, является обеспеченность растений влагой в период вегетации. Важным фактором, оказывающим влияние на целесообразность интенсификации, является также экономическая эффективность производства зерна этой культуры.

Низкие закупочные цены на зерно овса делают в большинстве случаев нерентабельным производство продовольственного и фуражного зерна в отличие от семеноводства. В связи с этим в хозяйствах республики овес возделывается для обеспечения собственных потребностей (балансирование рецептуры комбикормов), а затраты на его производство переходят в себестоимость продукции животноводства. В этой связи важным является подбор такого уровня интенсификации технологии возделывания, когда производство зерна и семян этой культуры будет рентабельным.

Материал и методика исследований. Изучение уровней интенсификации технологии возделывания овса проводили в 2011-2016 гг. в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимические показатели пахотного горизонта: гумус – 2,2-2,5%, подвижные формы P_2O_5 – 230-340 мг/кг, K_2O – 320-360 мг/кг почвы, pH (в KCl) – 5,8-6,3. Предшественник – озимая рожь. Норма высева 5,0 млн всхожих зерен на гектар. Площадь учетной делянки 25 м². Повторность четырехкратная.

Минеральные удобрения вносили из расчета P_2O_5 – 80 кг/га (двойной суперфосфат) и K_2O – 120 кг/га (хлористый калий) осенью под вспашку, азотные (карбамид) согласно схеме опыта весной под предпосевную культивацию и в подкормку в фазу кушения.

Овес возделывали по двум технологиям: технология 1 (обычная) – предусматривала на фоне предпосевного внесения N_{90} протравливание семян (Кинто Дуо, ТК 2,5 л/т), защиту от шведской мухи (Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 11-12)), химическую прополку (Серто Плюс, ВДГ 0,2 кг/га (ДК – 21-29)); технология 2 (интенсивная) дополнительно к технологии 1 предусматривала подкормку N_{30} (ДК – 21-29) и обработку посевов фунгицидом (Рекс Дуо, КС 0,6 л/га (ДК 37-39)). Уборку овса осуществляли методом прямого комбайнирования с последующим пересчетом урожайности зерна на 100% чистоту и 14% влажность. Оценка доли участия исследуемых факторов в формировании урожайности осуществлялась по Н.А. Плохинскому [3]. Для оценки погодных условий в пе-

риод вегетации и расчета гидротермического коэффициента использовались данные метеостанции г. Борисов.

Результаты исследований и их обсуждение. Погодные условия в годы проведения исследований существенно различались, что влияло на реализацию потенциала продуктивности изучаемых сортов овса. Для оценки условий вегетационного периода в практике принято использовать гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный в 1928 г. Г.Т. Селяниновым, представляющий собой отношение суммы осадков, умноженное на 10 к сумме средних суточных температур выше 10 °С за этот же период. Величина ГТК больше 1,6 характеризует избыточно влажную зону, 1,6-1,3 – лесную влажную зону, 1,3-1,0 – лесостепь (недостаточное увлажнение), 1,0-0,7 – степь (засушливая зона), 0,7-0,4 – сухую степь (очень засушливая зона), 0,4 и меньше – полупустыню и пустыню [5, С. 211-212].

Необходимо отметить, что ГТК в целом за вегетационный период не в полной мере отражает условия, в которых формируется урожайность. Известно, что критический период у овса по отношению к засухе захватывает большую часть фазы выхода в трубку, выметывание и цветение [1, С.12; 4, С. 94]. В исследованиях Л.Н. Ермаковой (1993) [2] было установлено, что обеспечение этой культуры влагой в вышеуказанный критический период наряду с пониженными температурами воздуха способствует росту урожайности. При этом отдача от средств интенсификации возрастает. В этой связи нами был проведен анализ таких показателей как количество атмосферных осадков, сумма активных температур, ГТК в целом за период вегетации овса, а также за периоды посев-выметывание и выметывание-уборка по двум технологиям возделывания овса сорта *Лидия* (таблица 1).

Оценивая величину показателя ГТК за вегетационный период овса в целом, 2011 г., 2013 г. и 2016 г. можно охарактеризовать как достаточно увлажненные, а 2014 г. как избыточно увлажненный. Условия 2012 г. отличались недостаточным уровнем увлажнения, а 2015 г. были засушливыми. Выявлена достоверная корреляционная взаимосвязь ГТК с урожайностью зерна овса. При возделывании этой культуры по технологии 1 (обычная) $r=0,62$, а по технологии 2 (интенсивная) $r=0,58$. Установлена также существенная связь урожайности и количества осадков за период вегетации - $r=0,52$ и $r=0,51$ соответственно.

При оценке наиболее важного для развития растений овса периода от посева до выметывания, когда потребляется максимальное количество влаги и минеральных веществ, следует отметить, что корреляционная связь ГТК с урожайностью составляла $r=0,68$ по обычной и $r=0,78$ по интенсивной технологии. Связь урожайности и количества осадков за этот период была на уровне $r=0,55$ и $r=0,69$ соответственно. На основании вышеизложенного можно сделать вывод об увеличении взаимосвязи урожайности зерна овса с ГТК и количеством осадков за период посев-выметывание при возрастающем уровне интенсификации технологии возделывания.

Следует отметить, что достоверной связи урожайности с суммой активных температур как за вегетацию растений овса в целом, так и за отдельные ее периоды не отмечалось. Также не было существенной связи этого показателя с

Таблица 1 – Метеорологические условия и урожайность овса сорта *Лидия* в зависимости от технологии возделывания

Показатель	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
ГТК за период вегетации	1,56	1,14	1,42	1,65	0,84	1,32	1,32
ГТК от посева до выметывания	0,82	2,31	2,10	2,35	0,71	0,74	1,51
ГТК от выметывания до уборки	2,05	0,44	0,74	0,99	0,79	1,86	1,15
Осадки за период вегетации, мм	257,2	191,5	255	262,2	145,8	232,5	224,0
Осадки от посева до выметывания, мм	70,1	145,8	188,3	188,3	67,3	71,6	121,9
Осадки от выметывания до уборки, мм	187,1	45,7	66,7	73,9	78,5	160,9	102,1
Сумма активных температур за период вегетации, °С	1642	1681	1787	1534	1735,3	1649,4	1671,5
Сумма активных температур от посева до выметывания, °С	729,2	631	883,8	786	741,3	786,1	759,6
Сумма активных температур от выметывания до уборки, °С	912,8	1050	903,2	748	994	863,3	911,9
Урожайность (технология 1), ц/га	62,2	63,9	55,9	62,9	44,7	47,0	56,1
Урожайность (технология 2), ц/га	68,2	73,0	67,5	70,4	47,4	48,1	62,4
Прибавка, ц/га	6,0	9,1	11,6	7,5	2,7	1,1	6,3

НСР₀₅ Фактор год 3,6; НСР₀₅ Фактор технология 2,1; НСР₀₅ частные средние 5,1.

ГТК и количеством осадков во второй половине вегетации (выметывание – уборка).

Оценка доли участия исследуемых факторов в формировании урожайности овса сорта *Лидия* по Н.А. Плохинскому свидетельствует о том, что наибольшее ее значение (78,5%) приходится на условия вегетационного периода. Долевое участие интенсификации технологии возделывания (проведение дополнительной подкормки в фазу кущения азотом и защита посевов от листовых болезней) при этом составляет 9,6%. Взаимодействие условий вегетационного периода и технологии в формировании урожайности зерна овса оценивается в 3,2%.

Анализ доли участия условий вегетационного периода и применяемых технологий, а также корреляционный анализ погодных условий позволяет предположить, что повышение уровня интенсификация технологии возделывания овса целесообразна в годы с хорошей влагообеспеченностью этой культуры в период посев-выметывание. Принимая во внимание вышеизложенное и обладая данными долгосрочного прогноза погоды, есть возможность планирования технологических мероприятий таким образом, чтобы затраты на интенсификацию были обоснованными.

Таблица 2 – Доля влияния погодных условий в период вегетации и интенсификации технологии возделывания в формировании урожайности зерна овса сорта *Лидия*

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F-критерий Фишера	Доля влияния, %
Общее	5021,40	47	106,838		
Год	3944,25	5	788,849	62,473**	78,549
Технология	484,51	1	484,505	38,370**	9,649
Год x Технология	160,31	5	32,062	2,539*	3,193
Повторения	15,65	3	5,216		0,312
Случайное	416,69	33	12,627		8,298

Установлено, что сорта овса *Лидия*, *Стралец*, *Запавет* и *Фристайл* при повышении уровня интенсификации технологии возделывания в неодинаковой степени увеличивают урожайность зерна. Так, в условиях влажного 2014 г. наибольшая прибавка урожайности от возделывания по технологии 2 (интенсивная) по отношению к технологии 1 (обычной) получена у сорта *Лидия* (+7,5 ц/га или 11,9%). В засушливом 2015 г. прибавки урожайности всех изучаемых сортов были на уровне 2,7-3,7 ц/га (6,0-10,1). Погодные условия 2016 г. отличались наличием почвенной и воздушной засухи, а также повышенной температурой воздуха в период активного роста овса. В результате этого внесенный в подкормку азот не усваивался растениями, а развитие красно-бурой пятнистости на листьях овса было ниже экономического порога вредоносности. В этих условиях применение интенсивной технологии возделывания овса не позволило получить достоверного увеличения урожайности, а у сорта *Стралец* отмечалась тенденция к ее снижению на 1,5 ц/га (4,1%) (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние уровня интенсификации технологии возделывания на урожайность различных сортов овса

Сорт	Технология	Урожайность/прибавка, ц/га			
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
Стралец	Технология 1 (обычная)	68,7	34,5	36,9	46,7
	Технология 2 (интенсивная)	<u>71,7</u> +3,0	<u>37,7</u> +3,2	<u>35,4</u> -1,5	<u>48,3</u> +1,6
Запавет	Технология 1 (обычная)	62,6	36,5	39,6	46,2
	Технология 2 (интенсивная)	<u>65,4</u> +2,8	<u>40,2</u> +3,7	<u>42,0</u> +0,4	<u>49,2</u> +3,0
Лидия	Технология 1 (обычная)	62,9	44,7	47,0	51,5
	Технология 2 (интенсивная)	<u>70,4</u> +7,5	<u>47,4</u> +2,7	<u>48,1</u> +1,1	<u>55,3</u> +3,8
Фристайл	Технология 1 (обычная)	66,5	37,0	42,4	48,6
	Технология 2 (интенсивная)	<u>69,3</u> +2,8	<u>40,4</u> +3,4	<u>42,7</u> +0,3	<u>50,8</u> +2,2
Среднее		67,2	39,8	41,8	49,6

НСР₀₅ Фактор год 1,76; НСР₀₅ Фактор сорт 2,03; НСР₀₅ Фактор технология 1,43; НСР₀₅ частные средние 4,98

При планировании уровня интенсификации технологии возделывания овса необходимо принимать во внимание экономические показатели эффективности производства конечной (товарной) продукции. Для этого целесообразно проанализировать эффективность производство овса с учетом направления использования полученной продукции: семена (элита (ЭС), 1-я репродукция (РС-1)), продовольственное зерно 1 класса, фуражное зерно, зерно в составе комбикорма. Выход товарного зерна при расчетах принимался в размере 65%, фуража – 35%. Стоимость всех статей затрат определялась в соответствии с государственными ценами, сложившимися в Беларуси по состоянию на 1.11.2018 г.

Расчеты показали, что при увеличении уровня интенсификации технологии возделывания овса производственные затраты в зависимости от использования выращенного зерна увеличиваются с 439,6 до 523,8 дол./га или на 19,2% (таблица 4).

Экономические показатели возделывания овса зависели от уровня интенсификации технологии и стоимости конечной (товарной) продукции. Чистый доход от выращивания элитных семеноводческих посевов овса был наибольшим при интенсивной технологии и составил 491,5 дол./га. Рентабельность при этом была равна 93,8%, а себестоимость с учетом побочной продукции 83,9 дол./т. При производстве элитных семян по обычной технологии чистый доход снижался на 50,6 дол./га. При этом рентабельность производства снизилась на 0,4%, а себестоимость увеличилась на 0,2 дол./т. Расчеты показывают, что для окупаемости затрат в элитном семеноводстве нужно получать урожайность не менее 29,0 ц/га при обычной и 32,2 ц/га при интенсивной технологии.

Производство семян овса первой репродукции (РС-1) при более низкой их закупочной стоимости по сравнению с элитой является менее рентабельным и составляет 30,5% как для обычной, так и для интенсивной технологии. Чистый доход при этом составил 140,2 и 155,6 дол./га, а себестоимость 81,8 и 81,9 дол./т соответственно. Для нулевой рентабельности производства таких семян необходимо получать урожайность зерна по обычной технологии не менее 43,0 ц/га, а по интенсивной – 47,8 ц/га.

Возделывание овса для производства продовольственного зерна 1-го класса является еще менее рентабельным по сравнению с выращиванием семян первой репродукции. Для обычной технологии этот показатель составил 19,6%, а для интенсивной 19,0%. Чистый доход при этом был равен 86,3 и 93,5 дол./га при себестоимости 78,4 и 78,8 дол./т. Для окупаемости в этом случае урожайность зерна овса должна составлять более 46,9 и 52,4 ц/га соответственно.

Производство фуражного зерна овса для реализации экономически не целесообразно. В этом случае безубыточность изучаемых технологий возделывания этой культуры начинается выше 66,8 и 74,7 ц/га соответственно. Такую урожайность могут получать только лучшие хозяйства республики.

В хозяйствах республики целесообразно возделывать зерно овса для его включения в состав комбикормов. В этом случае производственные затраты на его возделывание переходят в затраты животноводства, а полученная продукция (молоко) обладает высокой добавочной стоимостью. Рентабельность при

Таблица 4 – Экономическая эффективность различных технологий возделывания овса сорта *Лидия* (среднее за 2011–2016 гг.)

Показатель	Семена элита		Семена РС1		Продовольственное зерно		Фуражное зерно		Зерно в составе комбикорма	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2
Урожайность, ц/га	56,1	62,4	56,1	62,4	56,1	62,4	56,1	62,4	56,1	62,4
Стоимость продукции, дол./га	912,8	1015,3	599,2	666,5	525,9	585,0	369,1	410,6	868,2	965,7
Произв. затраты, дол./га	471,9	523,8	459,0	510,9	439,6	491,5	439,6	491,5	460,6	514,8
Чистый доход, дол./га	440,9	491,5	140,2	155,6	86,3	93,5	-70,5	-80,9	407,6	450,9
Рентабельность, %	93,4	93,8	30,5	30,5	19,6	19,0	-16,0	-16,5	88,5	87,6
Себестоимость, дол./г	84,1	83,9	81,8	81,9	78,4	78,8	78,4	78,8	82,1	82,5
Окупаемый урожайный уровень, ц/га	29,0	32,2	43,0	47,8	46,9	52,4	66,8	74,7	29,8	33,3

Примечание: 1 – технология 1 (обычная); 2 – технология 2 (интенсивная)

таким подходе к использованию зерна овса, произведенного по обычной технологии, составляет 88,5%, чистый доход 407,6 дол./га, себестоимость 82,1 дол./т, а по интенсивной – 87,6%, 450,9 дол./га, 82,5 дол./т. Безубыточность производства такого зерна начинается при уровне урожайности 29,8 ц/га по обычной и 33,3 ц/га по интенсивной технологии.

Выводы

1. Повышение интенсификации технологии возделывания овса целесообразно в годы, когда в первой половине вегетации для растений этой культуры имеет место достаточное увлажнение. Установлено, что взаимосвязь между урожайностью овса и гидротермическим коэффициентом, а также количеством осадков за период посев-выметывание возрастает с увеличением уровня интенсивности технологии возделывания. Коэффициент корреляции урожайности овса с ГТК составляет при указанных выше технологиях возделывания соответственно 0,68 и 0,78, а с количеством осадков – 0,55 и 0,69.

2. Повышение урожайности овса при интенсификации технологии возделывания зависит от погодных условий в период вегетаций растений и сортовых особенностей этой культуры. У сорта *Лидия* в годы исследований урожайность зерна на 78,5% зависела от погодных условий в период вегетации растений. Доля влияния на этот показатель интенсификации технологии возделывания составляла в сложившихся условиях 9,6%, а взаимодействие указанных выше факторов – 3,2%.

3. В хозяйствах республики наиболее экономически выгодно возделывать овес для производства семян элиты и на зерно для использования его в составе комбикормов. Производство семян элиты рентабельно при уровне урожайности выше 29,0 ц/га по обычной и 32,2 ц/га по интенсивной технологии, а при возделывании для получения комбикорма с 29,8 и 33,3 ц/га соответственно. Менее выгодно производство семян овса первой репродукции и продовольственного зерна 1 класса. Окупаемость семян овса первой репродукции с учетом интенсификации технологии начинается с урожайности более 43,0-47,8 ц/га, а продовольственного зерна 1 класса 46,9-52,4 ц/га. Для безубыточного производства фуражного зерна урожайность овса должна превышать 66,8 по обычной и 74,7 ц/га по интенсивной технологии возделывания.

4. Интенсивная технология возделывания овса в сравнении с обычной существенно не изменяет уровень рентабельности, но повышает величину чистого дохода: при использовании зерна на комбикорм на 43,3 дол./га (10,6%), производстве семян элиты – 50,6 дол./га (11,5%), семян первой репродукции – 15,4 дол./га (11,0%), продовольственного зерна 1 класса – 7,2 дол./га (8,3%).

Литература

1. Богачков, В.И. Овес в Сибири и на Дальнем Востоке / В.И. Богачков. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 127 с.
2. Ермакова, Л.Н. Действие минеральных удобрений на урожайность яровых зерновых культур (на примере овса) в зависимости от агрометеорологических условий Предуралья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Л.Н. Ермакова ; Пермский ин-т. сельск. хоз. – М., 1993. – 24 с.

3. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. Изд. 2-е – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 368 с.
4. Растениеводство / П.П. Вавилов [и др.] ; под ред. П.П. Вавилова – 5-е издание, перераб. и доп. М. Агропромиздат, 1986 г. – 512 с.
5. Чирков, Ю.И. Агрометеорология / Ю.И. Чирков. Изд. 2-е. – Л.: Гидрометеозидат, 1986. – 256 с.

AGRO-ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF INTENSIFICATION OF OATS CULTIVATION TECHNOLOGY

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

The paper presents the information on the relationship between oats grain yield and weather conditions during the vegetation period. Made is the assessment of the partial influence of the vegetation period conditions and level of intensification of the cultivation technology on the yield changes as well as interaction of these factors. Carried out is the economic evaluation of the efficiency of intensification of oats cultivation technology while producing elite seeds, first reproduction seeds, first class food grain, forage grain and grain for fodder.

УДК 633.171:631.51:631.1(003.13)

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПРОСА ПОСЕВНОГО

В.Н. Куделко, кандидат с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 14.03.2019)

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния предпосевного прикатывания почвы, боронования посевов в фазу кущения, сочетания прикатывания и боронования на урожайность зерна проса посевного. Установлено, что эффективность изучаемых элементов технологии существенно зависела от условий года и норм высева. Максимальная урожайность зерна проса при совместном применении прикатывания и боронования получена в 2008 году при норме высева 5 млн./га всхожих семян (46,1 ц/га).

Введение. Просо посевное (*Panicum miliaceum L.*) – это полевая культура универсального использования. Его выращивают для производства пшена, зернофуража, а также зеленой массы с высокими кормовыми достоинствами [1]. Просо имеет высокое агротехническое значение – возможность позднего срока сева (от первой декады мая до середины июня – на зерно и до конца июля – на зеленую массу), особенно в южных районах Республики Беларусь, небольшая норма высева позволяет использовать его как прекрасную страховую культуру [2, 3]. Формирование урожая обеспечивается не только адаптивностью сорта к местным почвенным и климатическим условиям, но и технологическими факторами, то есть своевременным и качественным соблюдением выполнения элементов технологии возделывания [4].

При возделывании проса сплошным рядовым способом обязательными элементами ухода согласно отраслевому регламенту являются прикатывание

почвы после посева и химическая прополка посевов гербицидами [5]. Просо – культура позднего ярового сева, которую приходится сеять в недостаточно влажную, а иногда и сухую почву. Проведение прикатывания создает лучший контакт семян с почвой, повышает ее температуру на 1,2-1,7 °С, выравнивает поверхность, улучшает конденсацию водяных паров, в результате увеличивается количество влаги, доступной для семян, что положительно влияет на их набухание, обеспечивая более быстрое и дружное появление всходов. В итоге просо становится более конкурентоспособным по отношению к сорной растительности, и как следствие, увеличивается урожайность зерна. По сообщениям российских исследователей [6, 7] не только после, но и допосевное прикатывание почвы и, в особенности, сочетание этих приемов положительно сказывается на развитии изучаемой культуры, обеспечивая прибавки урожайности 10-15%. Однако следует отметить, что во влажную дождливую весну прикатывание может снизить урожай за счет излишнего уплотнения почвы.

Одной из основных проблем, которая приводит к существенному снижению урожайности проса посевного, является засоренность посевов злаковыми сорняками (просо куриное, щетинник сизый и зеленый и др.), которые имеют сходные биологические свойства и морфологические особенности с изучаемой культурой, что и объясняет отсутствие химических препаратов для их уничтожения. Для решения данной проблемы некоторые зарубежные исследователи рекомендуют проведение послевсходового боронования. По сообщению Т. Sadowski и F. Rychcika, боронование посевов проса в фазу кушения снижает засоренность однолетними злаковыми сорняками на 75,4% [8]. Применение данного приема также уничтожает почвенную корку, обеспечивая доступ воздуха к корням растений, что, в свою очередь, способствует активному кушению и образованию у проса хорошо развитой вторичной корневой системы. Однако при этом повреждается до 10% и более растений проса [9].

Учитывая вышесказанное, применение предпосевного прикатывания, боронования посевов в фазу кушения и их сочетание при возделывании проса посевного и стало предметом наших исследований.

Условия и методика проведения исследований. Полевые опыты проводили в 2007-2010 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 – 2,21-2,55%, содержание P_2O_5 – 190-200, K_2O – 230-305 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,5-5,7. Опыты закладывали на фоне $N_{60}P_{60}K_{80}$. Фосфорно-калийные удобрения вносили осенью под зяблевую вспашку, а азотные в форме карбамида – весной под культивацию. Площадь делянки – 25 м², повторность – четырехкратная. Размещение делянок – блочно-систематизированное. Способ посева – рядовой с нормами высева 2, 3, 4, 5 млн всхожих зерен на гектар. Для сева использовали сеялку СН-16. Посев осуществляли семенами сорта *Галинка*, протравленными препаратом Кинто Дуо, ТК (2 л/т). В борьбе с двудольными сорняками в фазу кушения культуры использовался диален супер, ВР (0,5 л/га). Прикатывание почвы перед посевом проводилось кольчато-шпоровым катком ЗККШ-6. Для проведения боронования по-

севов проса в фазу начала кущения использовали зубовые бороны БЗСС-1,0. Уборку культуры проводили поделяночно прямым комбайнированием зерноуборочным комбайном Сампо 2010 при созревании 80-85% метелки у 75% растений. Все учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам. Статистическую обработку полученных результатов проводили по методике Б.А. Доспехова [10], используя программу Excel.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2007-2010 гг.) существенно отличались от среднемноголетних значений и между собой, что способствовало более объективной оценке влияния изучаемых факторов на урожайность зерна проса.

В 2007 г. средняя температура воздуха к моменту посева (3-я декада мая) составила 21,9 °С, что на 6,0 °С выше среднемноголетней, сумма осадков – 69 мм, что способствовало дружному появлению всходов. В июне температура воздуха незначительно понизилась. Уменьшилось и количество осадков. Средняя температура июня составила 18,2 °С, или на 1,7 °С выше нормы, и количество осадков – 44 мм, или 56,4%. Первая декада июля характеризовалась высокими среднесуточными температурами воздуха и достаточным количеством осадков. Такие условия способствовали хорошему развитию растений проса, что сказалось на его урожайности. В августе средняя температура воздуха была выше нормы (на 4,3 °С), однако выпало мало осадков – 19 мм, или 77% от нормы.

Погодные условия 2008 г. значительно отличались от предыдущего года. Средняя температура в мае была 11,3 °С, что на 1,6 °С ниже среднемноголетних значений. Это не способствовало быстрому прорастанию проса. Количество осадков (86,8 мм) соответствовало норме. В июне средняя температура воздуха составила 16,1 °С, что соответствует норме, осадков выпало 95% от нормы (28 мм). Третья декада июня и первая декада июля характеризовались невысокими среднесуточными температурами воздуха, что обусловило медленное развитие растений проса. В августе средняя температура воздуха была выше нормы на 1,7 °С при сумме осадков 54,6 мм (82,9% от нормы).

Метеорологические условия 2009 г. также существенно отличались от предыдущих лет. Первые месяцы вегетации (май-июнь) характеризовались большим количеством осадков на фоне низкой температуры воздуха, что отрицательно сказалось на росте проса. Вторая половина лета была умеренно прохладной с чередованием сухих и влажных периодов.

Погодные условия в 2010 г. отличались от среднемноголетних показателей, как по температурному режиму, так и по количеству выпавших атмосферных осадков, что оказало существенное влияние на особенности формирования ценоза проса. В мае среднесуточная температура воздуха либо превышала среднемноголетний уровень на 2,4-3,9 °С, либо была несколько ниже нормы, а сумма атмосферных осадков за этот период превысила ее в 1,5 раза. Июнь и июль характеризовались повышенной среднесуточной температурой воздуха. В отдельные декады июля этот показатель превышал норму на 5,5-6,5 °С. При этом отмечалось обильное выпадение осадков, сумма которых превышала среднее многолетнее значение за эти месяцы в 1,8 раза. Зачастую дожди имели

ливневый характер, что вызвало полегание посевов. В августе выпадение атмосферных осадков существенно уменьшилось и их количество за месяц составило лишь 64% от нормы. В то же время среднесуточная температура воздуха оставалась очень высокой, в 1-ой и 2-ой декадах превышала среднеголетние значения на 5,9-6,4 °С.

Результаты исследований и их обсуждение. Применение элементов технологии возделывания проса, таких как предпосевное прикатывание почвы, боронование в фазу начала кущения и их сочетание на фоне химической прополки выявило неоднозначность влияния данных приемов на формирование урожайности проса в зависимости от условий года и норм высева.

Наши учеты показали, что полевая всхожесть семян на изучаемых вариантах опыта с применением прикатывания увеличилась по сравнению с контролем в среднем на 6,3-8,8% в зависимости от года исследований (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние предпосевного прикатывания на полевую всхожесть семян и продуктивную кустистость проса

Год	Полевая всхожесть, %		± к контролю	Продуктивная кустистость, шт./м ²		± к контролю
	Контроль	Прикатывание перед посевом		Контроль	Прикатывание перед посевом	
2007	77,6	83,9	6,3	1,17	1,45	0,28
2008	78,5	87,2	8,7	1,20	1,39	0,19
2009	77,4	85,0	7,6	1,15	1,25	0,10
2010	80,3	89,1	8,8	1,10	1,10	0,0
Среднее	78,4	86,3	7,9	1,15	1,29	0,14

Просо отличается слабой продуктивной кустистостью, характерной для всех сортов, однако проведение предпосевного прикатывания позволяло в среднем за годы исследований увеличить данный показатель на 12,2%, что обеспечивало повышение урожайности, причем в годы с низкой температурой и избыточным количеством осадков в период сева проса (2010 г.) прикатывание не влияло на продуктивную кустистость. И, наоборот, в годы с количеством осадков, близким к норме и высокой температурой (2007 г., 2008 г.) проведение данного приема обеспечивало увеличение кустистости на 13,7-19,5%. Наши результаты подтвержались исследованиями Елагина, Никифоровой и др. российских ученых [6, 11].

Изучение предпосевного прикатывания показало, что данный прием обеспечивал среднюю прибавку урожайности по сравнению с контролем от 2,6 до 3,1 ц/га, и его действие сильно зависело от условий конкретного года (таблица 2). Исключением был вариант с нормой высева 5 млн/га всхожих семян, на котором урожайность проса была на уровне контрольного.

Максимальная урожайность проса получена в 2008 г. при нормах высева 2-4 млн/га всхожих семян и составила на фоне допосевного прикатывания 39,7-44,4 ц/га, что на 4,9-6,5 ц/га (12,8-17,1%) выше, чем в контрольном варианте (без прикатывания). В 2007 г. прикатывание почвы до посева обеспечило пре-

Таблица 2 – Урожайность проса посевного в зависимости от применения прикатывания перед посевом и боронования в фазу кушения

Вариант	Норма высева, млн./га	Урожайность, ц/га				
		2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее
Контроль (диален супер, ВР 0,5 л/га)	2	22,6	37,9	24,4	21,7	26,6
	3	23,7	38,2	25,1	22,8	27,4
	4	24,4	34,4	25,7	24,6	27,2
	5	22,7	34,5	23,6	22,6	25,8
Прикатывание почвы перед посевом + диален супер, ВР 0,5 л/га	2	27,3	44,4	26,2	20,8	29,7
	3	26,3	43,1	27,7	23,6	30,1
	4	28,0	39,7	27,8	23,7	29,8
	5	21,5	33,7	23,6	23,2	25,5
Боронование в фазу кушения + диален супер, ВР 0,5 л/га	2	27,0	39,0	23,3	21,9	27,8
	3	28,1	38,6	23,8	23,8	28,6
	4	20,9	42,3	21,9	23,9	27,2
	5	26,9	44,2	22,7	20,0	28,4
Прикатывание до посева + боронование в фазу кушения + диален супер, ВР 0,5 л/га	2	25,5	41,3	20,7	23,2	27,7
	3	24,7	40,5	23,9	23,9	28,2
	4	28,2	45,4	23,8	21,8	29,8
	5	33,0	46,1	23,7	21,4	31,0

НСР₀₅ для частных средних

2,7

2,4

2,1

2,8

вышение урожайности над контролем на соответствующих вариантах на 2,6-4,7 ц/га или 11,0-20,8%, однако урожайность проса была ниже – 26,3-28,0 ц/га зерна. Во влажные 2009 г. и особенно 2010 г. достоверной прибавки от допосевного прикатывания не получено.

Основной целью боронования посевов проса посевного является борьба со злаковыми сорняками и, в первую очередь, с куриным просом. Сравнительный анализ засоренности изучаемой культуры показал, что проведение боронования в фазу начала кушения снижает численность злаковых сорняков на 42,1%, в т.ч. проса куриного на 8,0% (рисунок 1). И все же следует отметить, что проведение данного приема, хотя и обеспечивало значимое сокращение численности проса куриного, однако число его оставалось выше экономического порога вредности, который составляет 1-3 экз./м² [12].

Исследователи полагают, что при проведении боронования посевов проса в первую очередь погибают ослабленные, слабо укоренившиеся в почве растения [13], которые выпадают из популяции в процессе вегетации и, как правило, не формируют продуктивную метелку.

Во время вегетации проса, как закономерный процесс, часть растений отстает в росте и, не выдерживая конкуренции, погибает. Поэтому важным показателем в формировании урожайности зерна проса является выживаемость, которая определяется как отношение количества сохранившихся к уборке расте-

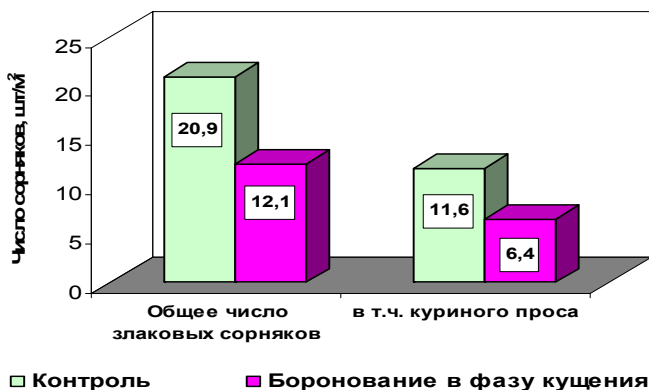


Рисунок 1 – Число злаковых сорняков в посевах проса при проведении боронования в фазу кушения (среднее 2007–2010 гг.)

ний к числу высеянных на единице площади всхожих семян, выраженное в процентах. Определенная доля растений также гибнет и при проведении боронования.

По нашим данным (рисунок 2), выживаемость растений проса при проведении бороновании в фазу кушения существенно варьировала от условий года. Причем наибольшая выживаемость отмечалась в 2009 г. и составляла 70,8-80,9% соответственно. Данные годы характеризовались избыточным увлажнением почвы в период проведения исследований. В годы с недостаточным количеством осадков (2007 г., 2008 г.) выживаемость растений при проведении боронования по сравнению с контрольным вариантом уменьшалась на 11,8-14,9%.

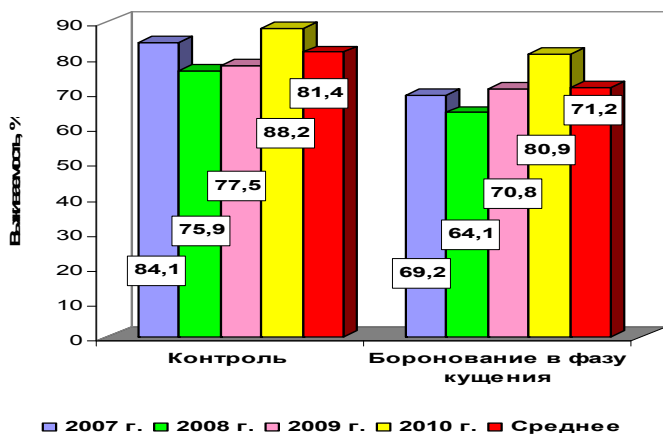


Рисунок 2 – Выживаемость растений проса при применении боронования в фазу кушения, %

Высокая выживаемость проса при проведении боронования не всегда обеспечивает повышение урожайности, поскольку при этом сохраняется большая часть злаковых сорняков, которые впоследствии оказывают влияние на рост и развитие растений проса. Так, в среднем за годы исследований достоверная прибавка зерна по сравнению с контрольным вариантом при проведении данного приема обеспечивалась лишь при норме высева 5 млн/га всхожих семян.

Эффективность совместного применения прикатывания и боронования также зависела от условий года и норм высева. Максимальная урожайность зерна формировалась при норме высева 4-5 млн./га всхожих семян 45,4-46,1 ц/га (2008 г.). Причем в отдельные годы (2009 г., 2010 г.) совместное применение изучаемых элементов технологии, наоборот, приводило к снижению урожайности независимо от норм высева в среднем по отношению к контролю на 1,7-0,3 ц/га соответственно.

Выводы

1. Предпосевное прикатывание почвы увеличивало полевую всхожесть семян проса на 7,9%, продуктивную кустистость – на 0,14 шт./м² и обеспечивало прибавку урожайности зерна в среднем от 2,6 до 3,1 ц/га.

2. При проведении боронования посевов в фазу кушения проса численность злаковых сорняков снижалась на 43,1%, однако количество проса куриного оставалось выше экономического порога вредоносности.

3. Положительный эффект от предпосевого прикатывания почвы и боронования посевов получен в сухой и умеренно влажный годы. При избыточном увлажнении применение данных приемов приводит к снижению урожайности проса.

Литература

1. *Лысов, В.Н.* Просо – *Panicum miliaceum L.* / В.Н. Лысов // Культурная флора СССР: в 3 томах; под ред. А. А. Корнилова. – Л.: «Колос», 1975. – Т. 3: Гречиха, просо, рис. – С. 124–236.

2. *Сидоренко, В.С.* Селекция проса для различных направлений использования / В.С. Сидоренко [и др.] // *Rolul culturilor leguminoase si furajere in agricultura republicii Moldova: material conferintei international*, 17 iunie 2010, Republica Moldova, Balti. – Chisinau, 2010. – С. 168-172.

3. *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.

4. *Шашко, К.Г.* К вопросу стабильного повышения урожайности зерновых культур в Белоруссии / К.Г. Шашко // *Земледелие и растениеводство в БССР: Сб. науч. тр.* – Минск: Ураджай, 1986. – Вып. 30. – С. 57–62.

5. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур. Сборник отраслевых регламентов. Возделывание проса. Типовые технологические процессы: – Введ. 01.11.2011. – Минск: «Белорусская наука», 2012. – С. 138–145.

6. *Елагин, И.Н.* Агротехника проса / И.Н. Елагин. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Россельхозиздат, 1987. – С. 91–92.

7. Еремина, Т.Н. Влияние норм высева и способов посева на урожай и посевные качества семян проса: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук; 06.536 – растениеводство / Т.Н. Еремина. – Волгоград, 1971. – 27 с.

8. Sadowski, T. Porównanie chemicznego i mechanicznego zwalczania chwastów w prose / T. Sadowski, B. Rychcik // Postępy w Ochronie Roslin. – 2008. – Vol. 48, № 2. – P. 656–659.

9. Заленский, В.А. Обработка почвы и плодородие / В.А. Заленский, Я.У. Яроцкий. 2-е изд., перераб. и доп., Минск: Беларусь, 2004. – 542 с.

10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

11. 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.

12. Артохин, К.С. Сорные растения: справочное и учебно-методическое пособие / К.С. Артохин. – М.: Печатный Город, 2010. – 272 с.

13. Якимович, Е.А. Эффективность боронования и химической прополки в защите посевов проса от сорных растений / Е.А. Якимович // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 3. – С. 34–36.

INFLUENCE OF SOME ELEMENTS OF THE CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE YIELD OF COMMON MILLET (*PANICUM MILIACEUM*)

V.N. Kudelko

*The paper presents the results of the research on the influence of presowing soil compaction, harrowing of crops at the tillering stage, and combination of compaction and harrowing on the yield of common millet (*Panicum Miliaceum*). It's established that the efficiency of the studied elements of the technology depends greatly on the conditions of the year and seeding rate. The maximum yield of millet was obtained in 2008 with the combined use of compaction and harrowing and seeding rate 5 mln/ha of seeds (46,1 dt/ha).*

УДК 633.13:632.951

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСЕКТИЦИДОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОСЕВОВ ОВСА ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ

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 04.04.2019)

Рецензент: Будевич Г.В., кандидат биологических наук

Аннотация: В статье представлены результаты исследований по оценке эффективности различных способов защиты посевов овса от вредителей. Установлено, что в сложившихся условиях наибольший эффект в защите всходов овса обеспечивает предпосевная обработка семян инсектицидным протравителем табу, ВСК (0,6 л/т)

Максимальная реализация потенциала продуктивности существующих сортов овса невозможна без интенсификации технологии производства. Важнейшее значение при этом имеет сохранение сформированного урожая за счет уменьшения вредоносности сорняков, болезней и вредителей. Известно, что потери урожая у зерновых культур от сорных растений могут достигать 40% [3], болезней 9,3%, вредителей 8% [1].

В весенний период на культуре овса отмечается большое видовое разнообразие вредных насекомых. Среди фитофагов преобладают злаковые мухи, пьявицы (имаго), личинки щелкунов. В более поздний период в фазе флагового листа наибольшее значение для сохранения листового аппарата имеет контроль численности личинок пьявицы и видов тли. Вредоносность фитофагов на этой культуре в критические фазы роста и развития во многом зависит от погодных условий.

Основным приемом защиты посевов овса от вредителей в период всходов является традиционная обработка посевов инсектицидами в фазу 1-2 листа. Современный ассортимент пестицидов позволяет защитить от вредителей высеванные в почву семена и появившиеся из них всходы. Поскольку численность вредных организмов существенно различается по годам, то возникает необходимость изучения в конкретных условиях произрастания эффективности применения препаратов, используемых для инкрустации семян овса в защите посевов этой культуры на ранних стадиях развития.

Материал и методика исследований. Оценку эффективности применения инсектицидов в защите посевов овса от вредителей проводили в 2007-2009 гг. и 2015-2017 гг. в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимические показатели пахотного горизонта: гумус – 2,0-2,5%, подвижные формы P_2O_5 – 170-340 мг/кг, K_2O – 190-350 мг/кг почвы, рН (в KCl) – 5,8-6,3. Предшественник – озимая рожь. Норма высева овса 5,0 млн/га всхожих семян. Учетная площадь делянки 25 м². Повторность четырехкратная.

Минеральные удобрения вносили в дозах P_{80} (двойной суперфосфат) и K_{120} (хлористый калий) осенью под вспашку, азотные удобрения применяли в дозе N_{90} (карбамид) весной под предпосевную культивацию.

Схема первого полевого опыта (2007-2009 гг.) включала в себя протравливание семян системным инсектицидом Командор, ВРК (1,5 л/т, действующее вещество имидаклоприд). Одним из вариантов опыта предусмотрено внесение препарата Командор, ВРК (0,1 л/га) в фазу 1-2 листьев растений овса. Оценивалась также эффективность применения в эту фазу системного фосфорорганического инсектицида Данадим, 400 г/л к.э., (1,2 л/га) и контактного препарата из группы синтетических пиретроидов – Фастак, КЭ (0,1 л/га).

Для дальнейшего изучения эффективности защиты посевов овса от вредителей в 2015-2017 гг. схема второго полевого опыта включала в себя протравливание семян инсектицидным протравителем Табу, ВСК (0,6 л/га, действующее вещество имидаклоприд), а также применение в фазу 1-2 листьев культуры (ДК 10-12) инсектицида Фастак, КЭ в норме 0,1 л/га. Для защиты посевов от тлей и личинок пьявицы и в фазу предвыметывания-выметывания (ДК 40-59) на фоне вышеуказанных препаратов использовался Фастак, КЭ (0,1 л/га).

Учет вредителей проводился по методикам, предложенным РУП «Институт защиты растений» [2]. Уборку осуществляли методом прямого комбайнирования с последующим пересчетом урожайности на 100% чистоту и стандартную влажность (14%). Экономическая эффективность рассчитана в долларах США

на сохраненный урожай по методике Л.В. Сорочинского [4] в ценах на момент проведения исследований.

Результаты и обсуждение. Фаза всходов у овса является одним из наиболее уязвимых периодов в процессе развития растений. Вредоносность фитофагов в этот промежуток времени нельзя недооценивать. Численность их во время проведения исследований различалась в зависимости от условий вегетационного периода. Так, количество обитающих в почве личинок шелкоуна в фазе 1-2 листьев овса в период наблюдений находилось на уровне или ниже экономического порога вредоносности (ЭПВ) и составляло 6-26 шт./м². Численность шведских мух за время исследований только в 2009 г. и 2017 г. превысила ЭПВ. В другие годы численность этого вредителя не превышала порог вредоносности или находилась на его уровне. Количество имаго пьявицы в посевах овса в указанную выше фазу развития растений варьировало от 0 до 5 шт./м², т.е. было ниже экономического порога вредоносности (таблица 1).

Таблица 1 – Численность вредителей посевов овса в фазу 1-2 листа

Вредный объект	Численность вредителей по годам						Экономический порог вредоносности (ЭПВ)
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	
Личинки шелкоуна (проволочник)	26	18	6	23	17	21	25-30 шт./м ²
Шведские мухи	9	8	18	14	10	18	10-15 шт. на 100 взмахов сачка
Пьявица (имаго)	3	3	5	2	3	0	10-12 шт./м ²

Несмотря на то, что численность отдельных видов фитофагов в фазу 1-2 листьев овса не всегда достигала экономического порога вредоносности, их суммарная роль в снижении урожайности была существенной. Применение препарата Командор (имidakлоприд), как при протравливании семян овса, так и при обработке посевов, оказывало положительное влияние на урожайность зерна (таблица 2). Подобная закономерность отмечалась также при использовании протравителя Табу (имidakлоприд) (таблица 3).

Применение инсектицидов позволило в условиях 2006-2009 гг. сохранить от 1,5 до 2,9 ц/га зерна овса. Величина сохраненной урожайности изменялась в зависимости от используемого инсектицида и способа его применения. Так, протравливание семян овса инсектицидом Командор в норме 1,5 л/т обеспечило достоверное сохранение урожайности только в два года исследований из трех. В среднем за период исследований этот препарат обеспечил более высокое сохранение урожайности (2,5 ц/га) в опыте по сравнению с внесением инсектицидов в фазу 1-2 листа. Аналогичные результаты были получены и в другом опыте, где при протравливании семян овса использовали инсектицидный протравитель Табу (0,6 л/т). Этот препарат обеспечил существенное сохранение урожайности в 2015 г. и 2017 г., которое составило 2,6 и 2,9 ц/га соответственно. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что защита семян овса от

Таблица 2 – Влияние инсектицидов на урожайность зерна овса

Вариант	Урожайность, ц/га			
	Сохраненная урожайность (прибавка), ц/га			
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	среднее
Контроль (без инсектицидов)	32,4	37,9	57,7	42,7
Командор, ВРК, 1,5 л/т (ДК 00)	<u>34,3</u> 1,9	<u>40,7</u> 2,8	<u>60,6</u> 2,9	<u>45,2</u> 2,5
Командор, ВРК, 0,1 л/га (ДК 10-12)	<u>34,7</u> 2,3	<u>40,0</u> 2,1	<u>60,1</u> 2,4	<u>44,9</u> 2,3
Данадим, 400 г/л к.э., 1,2 л/га (ДК 10-12)	<u>34,6</u> 2,2	<u>40,1</u> 2,2	<u>60,6</u> 2,9	<u>45,1</u> 2,4
Фастак, КЭ, 0,1 л/га (ДК 10-12)	<u>34,5</u> 2,1	<u>40,1</u> 2,2	<u>59,2</u> 1,5	<u>44,6</u> 1,9
НСР ₀₅	1,9	2,0	2,1	

Таблица 3 – Влияние протравителя Табу и инсектицида фастак на урожайность зерна овса

Вариант	Урожайность, ц/га			
	Сохраненная урожайность (прибавка), ц/га			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее за 3 года
Контроль (без инсектицидов)	43,2	53,3	55,7	50,7
Табу, ВСК, 0,6 л/т (ДК 00)	<u>45,0</u> 1,8	<u>55,9</u> 2,6	<u>58,6</u> 2,9	<u>53,2</u> 2,5
Фастак, КЭ, 0,1 л/га (ДК 10-12)	<u>44,2</u> 1,0	<u>55,6</u> 2,3	<u>57,8</u> 2,1	<u>52,5</u> 1,8
Табу, ВСК, 0,6 л/т (ДК 00) + Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 40-59)	<u>46,1</u> 2,9	<u>56,3</u> 3,0	<u>59,1</u> 3,4	<u>53,8</u> 3,1
Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 10-12) + Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 40-59)	<u>45,4</u> 2,2	<u>56,0</u> 2,7	<u>59,1</u> 3,4	<u>53,5</u> 2,8
НСР ₀₅	2,0	2,3	2,0	

вредителей за счет протравливания семян препаратами на основе имидаклоприда даже при численности их в период появления всходов ниже ЭПВ позволяет в двух годах из трех обеспечить существенное сохранение урожайности.

Применение в фазу 1-2 листьев овса системных инсектицидов Данадим (1,2 л/га) и Командор (0,1 л/га) позволило в условиях 2007-2009 гг. сохранить 2,4 и 2,3 ц/га зерна соответственно. При этом необходимо отметить, что прибавка урожайности этой культуры от использования указанных выше препаратов была достоверной на протяжении всего периода исследований.

Внесение контактного инсектицида Фастак (0,1 л/га) в фазу 1-2 листьев овса было менее эффективным по сравнению с использованием в эту фазу развития растений системных инсектицидов Данадим (1,2 л/га) и Командор (0,1 л/га), а также протравливанием семян препаратами Командор (1,5 л/т) или Табу (0,6 л/га). Сохраненный урожай от применения инсектицида Фастак (0,1 л/га) варь-

ировал в период исследований в пределах 1,0-2,3 ц/га, причем в 50% случаев этот показатель был недостоверным.

Система защиты посевов овса от вредителей в 2015-2017 гг. предусматривала мероприятия по контролю в фазе предвыметывания-выметывания (ДК 40-59) численности личинок пьявицы и тлей (большой злаковой, обыкновенной черемуховой). Следует отметить, что в погодных условиях, в которых проводились исследования, численность этих фитофагов не превышала ЭПВ. В этой связи, несмотря на высокую биологическую эффективность инсектицида Фастак, достигающую по отдельным вредителям 100%, существенной прибавки урожайности от использования этого препарата получено не было (таблица 4).

Таблица 4 – Численность вредителей в посевах овса перед обработкой инсектицидом Фастак и через 5 дней после ее проведения, ос./стебель

Вариант	2015 г.			2016 г.			2017 г.		
	БЗТ *	ОЧТ	ЛП	БЗТ	ОЧТ	ЛП	БЗТ	ОЧТ	ЛП
<i>До внесения инсектицидов</i>	3,8	1,0	1,2	3,6	0,6	0,6	4,4	1,0	0,4
Контроль (без инсектицидов)	9,2	2,2	2,0	7,0	1,2	0,8	14,2	1,6	0,6
Табу, ВСК 0,6 л/т (ДК 00)	9,8	2,2	1,8	7,6	1,2	0,6	11,8	1,8	0,6
Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 10-12)	9,2	2,4	2,0	6,2	4,0	0,6	2,6	0,4	0
Табу, ВСК 0,6 л/т (ДК 00) + Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 40-59)	1,2	0,4	0,2	1,4	0,2	0	2,2	0,2	0
Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 10-12) + Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 40-59)	1,4	0,4	0,2	1,6	0,2	0	1,4	0,4	0

*Примечание: БЗТ – большая злаковая тля (ЭПВ 16,0-18,0 ос./стебель), ОЧТ – обыкновенная черемуховая тля (ЭПВ 6,0-7,0 ос./стебель), ЛП – личинка пьявицы (ЭПВ 0,7-0,9 ос./стебель).

Проведенный экономический анализ применения инсектицидов для защиты посевов овса от вредителей показал, что стоимость сохраненной урожайности во всех случаях использования этих препаратов превышала затраты на их использование. Применение системного инсектицида Командор было более выгодным при внесении его в фазу 1-2 листьев овса, чем использование этого препарата для протравливания семян, условный чистый доход в этих вариантах составил соответственно 5,7 и 2,7 дол./га, а рентабельность 28,8% и 10,7%. Защита посевов в эту фазу контактным препаратом Фастак (0,1 л/га) превышала по рентабельности на 3,7% внесение Командора, но уступала ему на 0,5 дол./га по условно чистому доходу. Обработка семян инсектицидным протравителем Табу (0,6 л/т) в другом опыте была более рентабельной (64,8%), чем внесение в фазу 1-2 листьев овса препарата Фастак в норме 0,1 л/га (35,3%). Условный чистый доход в этих вариантах составил соответственно 10,7 и 5,1 дол./га. Преимущество протравителя Табу перед инсектицидом командор при обработке им семян овса заключается в более низких затратах на использование в расчете на

гектар, что обеспечило получение условно чистого дохода выше на 8,0 дол./га и увеличения рентабельности на 54,1% (таблица 5).

При численности личинок пьявицы и тлей в фазу предвыметывания-выметывания овса (ДК 40-59) ниже экономического порога вредоносности проведение защиты посевов инсектицидом Фастак на фоне протравливания семян препаратом Табу, как и на фоне внесения в фазу 1-2 листьев культуры инсектицида Фастак, приводило к уменьшению рентабельности применения инсектицидов в системе защиты посевов этой культуры от вредителей на 31,9% и 14,1% соответственно. Полученные результаты подтверждают нецелесообразность применения инсектицидов при численности указанных выше вредителей в фазу предвыметывания-выметывания овса (ДК 40-59) ниже экономического порога вредоносности, в отличие от мероприятий, направленных на защиту всходов этой культуры, когда даже при численности вредителей ниже ЭПВ применение инсектицидов было экономически оправданным.

Выводы

1. Протравливание семян овса препаратами Табу, ВСК (0,6 л/т) или Командор, ВРК (1,5 л/т) обеспечивает в двух годах из трех достоверное сохранение урожайности зерна (2,5 ц/га) даже при численности личинок шелкоунов и шведских мух в фазу 1-2 листьев культуры ниже экономического порога вредоносности.

2. Внесение в фазу 1-2 листьев овса системных инсектицидов Данадим, 400 г/л к.э. (1,2 л/га) и Командор, ВРК (0,1 л/га) позволяло во все годы исследований достоверно сохранить 2,4 и 2,3 ц/га зерна соответственно. Применение в эту фазу развития овса контактного инсектицида Фастак, КЭ (0,1 л/га) было менее эффективно. Сохраненный урожай от применения этого препарата в период исследований варьировал в пределах 1,0-2,3 ц/га, причем в 50% случаев этот показатель был недостоверным. Применение инсектицида Фастак, КЭ (0,1 л/т) в фазу предвыметывания-выметывания (ДК 40-59) на фоне предшествующей защиты посевов овса от вредителей всходов в сложившихся условиях не привело к достоверному повышению урожайности.

3. Наибольший экономический эффект в защите посевов овса от вредителей всходов обеспечила предпосевная обработка семян протравителем Табу, ВСК (0,6 л/т). Условно чистый доход в этом случае составил в среднем 10,7 дол./га, а рентабельность 64,8%. При защите посевов этой культуры от вредителей в фазу 1-2 листа наиболее выгодно было использование системного инсектицида Командор, ВРК (0,1 л/га). Указанные выше показатели при этом были равны 5,7 дол./га и 28,8%.

4. На фоне предшествующей защиты посевов овса от вредителей всходов использование инсектицида Фастак, КЭ (0,1 л/т) в фазу предвыметывания-выметывания (ДК 40-59) при численности личинок пьявицы и тлей ниже экономического порога вредоносности является не целесообразным.

Таблица 5 – Экономическая эффективность применения инсектицидов при возделывании овса

Вариант	Сохраненный урожай, ц/га	Стоимость сохраненного урожая, дол./га	Стоимость инсектицидов, дол./га	Затраты на содержание сохраненного урожая, дол./га	Условно чистый доход, дол./га	Рентабельность применения инсектицидов, %
Опыт 1 (2006-2009 гг.)						
Командор, ВРК 1,5 л/т (ДК 00)	2,5	27,9	13,5	25,2	2,7	10,7
Командор, ВРК 0,1 л/га (ДК 10-12)	2,3	25,7	5,0	19,9	5,7	28,8
Данадим, 400 г/л к.э. 1,2 л/га (ДК 10-12)	2,4	26,8	9,9	25,4	1,4	5,5
Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 10-12)	1,9	21,2	2,8	16,0	5,2	32,5
Опыт 2 (2015-2017 гг.)						
Табу, ВСК 0,6 л/т (ДК 00)	2,5	27,2	4,8	16,5	10,7	64,8
Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 10-12)	1,8	19,6	1,7	14,5	5,1	35,3
Табу, ВСК 0,6 л/т (ДК 00) + Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 40-59)	3,1	33,7	6,5	25,4	8,4	32,9
Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 10-12) + Фастак, КЭ 0,1 л/га (ДК 40-59)	2,8	30,5	3,4	25,1	5,3	21,2

Литература

1. Баталова, Г.А. Овес, технология возделывания и селекция / Г.А. Баталова. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. – 206 с.
2. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей болезней и сорняков: рекомендации / Нац. акад. наук Республики Беларусь; Ин-т защиты растений НАН Беларуси; под ред. С.В. Сороки. – Минск: Бел. наука, 2005. – 462 с.
3. Обзор распространения вредителей, болезней и сорняков сельскохозяйственных культур в 2008 году и прогноз их появления в 2009 году в республике Беларусь / М-во сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений, научно-практический центр НАН по земледелию, институт защиты растений НАН Беларуси; под ред. А.В. Майсеенко, С.В. Сорока. – Минск, 2009. – 212 с.
4. Экономическое обоснование применения средств защиты растений: рекомендации / БелНИИЗР; сост. Л.В. Сорочинский, А.П. Будевич, Т.И. Валькевич. – Минск: Диксэнд, 1999. – 12 с.

USE OF INSECTICIDES FOR OATS PROTECTION FROM PESTS

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

The paper demonstrates the results of the research on evaluation of the efficiency of different ways of oats protection from pests. It's established that under the existing conditions the most effective is presowing treatment of oats seeds with the insecticide protectant Tabu, VSK (0,6 l/t).

УДК 633.11«324»:631.527(4:7)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА, МУКИ И ИХ СОПРЯЖЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

И.В. Сацюк, канд. с.-х. наук, **С.И. Гордей**, канд. биол. наук, **А.Н. Лученок**,
В.В. Кот, **А.Ю. Шанбанович**, **В.Н. Войтова**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 21.02.2019 г.)*

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

Аннотация. Изложены результаты изучения качественных показателей зерна: содержание сырого протеина, сырой клейковины и стекловидность; муки: выход муки при пробном помоле, белизна, водопоглощительная способность (ВПС), объем хлеба из 100 г муки и общая хлебопекарная оценка у сорта озимой мягкой пшеницы Элегия на двух уровнях интенсификации технологии выращивания. Показано, что общая хлебопекарная оценка для данного сорта не зависела от уровня интенсификации, а в большей степени определялась погодными условиями года. Определены сильные и средние связи показателей качества в диапазонах изменчивости признаков. По совокупности полученных результатов установлено, что мука сорта Элегия по общей хлебопекарной оценке (3,6–4,2 балла) соответствует показателям пшеницы средней силы, пригодной для использования в качестве удовлетворительного или хорошего наполнителя-филлера.

Введение. Качество зерна пшеницы – это совокупность свойств зерна, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Следовательно, в зависимости от цели использо-

вания зерна определяется необходимый набор показателей, характеризующих его качество. Качество зерна нормируется законодательными актами (ГОСТами и Техническими условиями) и оцениваются по двум группам показателей: общим обязательным и обязательным только при оценке зерна определенного целевого назначения [2].

Для удовлетворения потребности в Республике Беларусь ежегодно необходимо производить около 500 тыс. тон продовольственного зерна пшеницы, не считая сильных и твердых пшениц.

За последние годы валовые сборы зерна озимой пшеницы в республике значительно увеличились. Но при общем недостатке материально-технических ресурсов зачастую используются упрощенные технологии возделывания, что приводит к снижению качества получаемой продукции. Производителю, для того что бы получить высококачественное зерно озимой пшеницы необходимо знать что, когда и в каких количествах необходимо внести. Он должен быть уверен, что понесенные дополнительные затраты в виде необходимого количества фунгицидных обработок, дозы азотного удобрения и т.д. себя окупят увеличением качества и количества полученной урожайности зерна озимой пшеницы.

Материал и методика исследований. Для исследований использован сорт озимой пшеницы *Элегия*. Исследования проводили в 2015-2018 гг. в Смолевичском районе Минской области. Предшественник – озимый рапс, после уборки которого проводилось лушение стерни с последующей вспашкой. Посев проводили с нормой высева 4,0 млн всхожих семян на гектар сеялкой *Wintersteiger* по методике двухфакторного опыта методом рендомизированных блоков в 4-кратной повторности с учетной площадью делянки 10 м². Гумус (по Тюрину) 2,67-3,23%, рН (KCl) 5,13-6,03, P₂O₅ и K₂O (по Кирсанову) – соответственно 262-280 и 330-376 мг/кг почвы. Технологию возделывания озимой пшеницы в опытах за исключением изучаемых факторов проводили в соответствии с отраслевым регламентом. Все исследования вели согласно методике [1].

Семена перед посевом были обработаны протравителем. Фосфорные и калийные удобрения (P₇₅K₁₂₀) во всех вариантах внесены общим фоном. Также общим фоном внесено N₁₃₀, в т.ч. N₂₀ с осени вместе с фосфорными удобрениями, при возобновлении весенней вегетации N₆₀, в фазу конец кушения – начало выхода в трубку N₅₀. На интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы при появлении флагового листа было дополнительно внесено N₄₀.

Посевы были обработаны гербицидом. На обоих уровнях интенсификации была проведена обработка посевов фунгицидом в фазу флагового листа. На интенсивной технологии возделывания на фоне повышения уровня азотного питания до 170 кг/га д.в. дополнительно проводили обработку ретардантом в половинной норме в фазу конец кушения – начало выхода в трубку. Также на интенсивной технологии возделывания проводили дополнительную защиту колоса фунгицидом в фазу начало цветения.

Оценку технологических и хлебопекарных качеств зерна пшеницы проводили по прямым и косвенным показателям в отделе биохимии и биотехнологии РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». К прямым

относится пробная лабораторная выпечка хлеба с последующим определением объемного выхода его из 100 г муки и оценкой органолептических показателей. Косвенные показатели качества: стекловидность, содержание сырого белка и сырой клейковины и т.д.

Результаты исследований и их обсуждение. Урожайность зерна озимой мягкой пшеницы *Элегия* в зависимости от уровня технологии возделывания и погодных условий года колебалась от 56,9 до 109,7 ц/га. Наиболее оптимальные условия для формирования урожайности сложились в 2017 г., наименее – в 2018 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность, содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы сорта *Элегия* в зависимости от уровня интенсификации технологии возделывания

Год исследований	Технология возделывания	Содержание сырого протеина, %	Содержание сырой клейковины, %	Стекловидность, %	Урожайность зерна, ц/га
2016	Обычная	13,9	31,8	65	74,1
	Интенсивная	16,2	38,3	68	76,0
2017	Обычная	11,4	23,8	78	102,7
	Интенсивная	12,7	28,6	94	109,7
2018	Обычная	15,0	30,9	97	56,9
	Интенсивная	15,4	32,0	95	60,6

Содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы сорта *Элегия* в зависимости от варианта опыта варьировало от 11,4 до 16,2%. Следует заметить, что в нашей республике содержание сырого протеина в зерне пшеницы не нормируется требованиями при заготовках государственной системой на продовольственные и непродовольственные цели (ГОСТ 9353-90).

Содержание сырой клейковины. Содержание клейковины и ее качество являются важнейшими характеристиками в оценке хлебопекарных свойств зерна, поскольку, отвечая за газообразующую способность теста, влияют на объемный выход хлеба, при этом образуется особая структура мякиша. Как и содержание протеина, оно является косвенным показателем хлебопекарных свойств зерна пшеницы. В наших исследованиях содержание сырой клейковины в зерне находилась в пределах 23,8-38,3%.

Стекловидность является косвенным показателем мукомольных свойств зерна пшеницы. В зависимости от консистенции эндосперма зерно может быть стекловидным или мучнистым. Чем плотнее консистенция эндосперма на поперечном разрезе, тем выше стекловидность. При наличии в эндосперме микроскопических пустот он выглядит матовым, мучнистым. Стекловидная пшеница требует больше энергии на размол, чем мучнистая, но качество и выход муки при этом выше. Оптимальный производственный эффект достигается при использовании в хлебопечении зерна мягкой пшеницы со стекловидностью не

ниже 60%. Показатель стекловидности лабилен, более поддается влиянию разнообразных внешних факторов, чем содержание белка и клейковины. Стекловидность зерна сорта *Элегия* высокая, она колебалась в зависимости от погодных условий и уровня интенсификации от 65 до 97%. В 2016 г. и 2018 г. прослеживается четкое влияние года и почти полное отсутствие влияния уровня технологии возделывания. В 2017 г. при обильных осадках в период налива зерна дополнительная защита колоса позволила избежать стекания зерна (и тем самым избежать снижения стекловидности) на интенсивной технологии возделывания, данная закономерность сохранилась и на других изучаемых сортах и сортообразцах озимой пшеницы.

Выход муки при пробном помоле является прямым показателем оценки мукомольных свойств зерна. Величину выхода муки определяет соотношение эндосперма и оболочек в зерновках, что, в свою очередь, связано с размером и формой зерна, глубиной и формой бороздки, крупностью и выравненностью зерна, натурой. Выход муки колебался в пределах 58,2-65,2% (таблица 2).

Таблица 2 – Мукомольная и хлебопекарная оценка озимой пшеницы сорта *Элегия* в зависимости от уровня интенсификации технологии возделывания

Год исследований	Технология возделывания	Выход муки, %	Белизна, у.е.	ВПС муки, %	Объем хлеба из 100 г муки, мл	Общая оценка хлеба, балл
2016	Обычная	63,8	61,4	52,8	810	4,2
	Интенсивная	62,3	59,2	53,5	800	4,1
2017	Обычная	63,5	64,8	53,2	693	3,8
	Интенсивная	65,2	61,4	54,6	700	3,6
2018	Обычная	60,5	54,7	56,4	790	3,9
	Интенсивная	58,2	54,1	57,7	775	4,0

Белизна. Самые высокие показатели белизны и самую низкую зольность имеет мука низких выходов (высокосортная мука). Такая мука состоит практически из одного эндосперма и содержит относительно небольшое количество минеральных веществ и красящих пигментов. В наших исследованиях показатель белизны находился в пределах 54,1-64,8 условных единиц. Согласно техническим условиям на муку пшеничную (СТБ 1666-2006) данный показатель для муки сорта экстра должен составлять 58 у.е., а для муки высшего сорта 54 у.е.

Водопоглотительная способность (ВПС) показывает количество воды, израсходованной на замес теста до требуемой консистенции, и является одним из самых важных параметров оценки качества муки, по которому можно определить фактический выход хлеба. Если мука обладает низким ВПС, тогда тесто

поучается слабым и для доведения его до необходимой консистенции возникает необходимость добавления дополнительного количества муки. В наших исследованиях ВПС за годы исследований колебалась в пределах 52,8-57,7%.

Объем хлеба из 100 г муки. В зависимости от уровня интенсификации технологии и погодных условий года объем хлеба колебался в пределах 693-810 мл из 100 г муки, т.е. в абсолютном большинстве вариантов соответствовала показателям средней по силе муки, пригодной для использования в качестве удовлетворительного или хорошего наполнителя – филлера.

Общая хлебопекарная оценка определяется в баллах по результатам прямого метода оценки хлебопекарных свойств зерна – лабораторной выпечки хлеба. Общая хлебопекарная оценка хлеба из муки сорта *Элегия* варьировала от 3,6 до 4,2 баллов.

Сопряженная изменчивость показателей качества зерна (муки) озимой пшеницы.

Теснота корреляционной связи определялось по коэффициенту корреляции (г): сильная $r = \pm 0,7$ до ± 1 , средняя $r = \pm 0,3$ до $\pm 0,69$, слабая $r = 0$ до $\pm 0,29$. Когда повышение уровня одной переменной сопровождается повышением уровня другой, то речь идет о положительной корреляции. Если же рост одной переменной происходит при снижении уровня другой, то говорят об отрицательной корреляции. При отсутствии связи переменных мы имеем дело с нулевой корреляцией.

Нами установлены и приведены ниже сильные и средние связи показателей качества в диапазонах изменчивости признаков, указанных в таблице 3. Расширение диапазона изменчивости признака (ов) может привести к ослаблению или усилению корреляционных связей.

Содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы сорта *Элегия* находилось в тесной отрицательной зависимости от урожайности зерна (т.е. с повышением урожайности содержание сырого белка уменьшалось), положительно коррелировало с содержанием сырой клейковины и зависела от условий года (таблица 3).

содержание клейковины сильно положительно с содержанием сырого протеина в зерне, а также средне отрицательно с уровнем урожайности, выявлена средняя корреляция от условий года;

стекловидность зерна, как было указано выше, в значительной степени была обусловлена погодными условиями года, для более полной объективной картины сопряженной изменчивости требуется большая выборка данных;

выход муки сильно положительно коррелировал с урожайностью зерна и имел среднюю отрицательную зависимость от содержания сырого протеина и клейковины в зерне и стекловидности, а также зависел от условий года;

показатель белизны муки находился в сильной положительной зависимости от урожайности зерна и выхода муки, отрицательной зависимости от содержания сырого протеина в зерне, и имел среднюю отрицательную корреляционную связь с содержанием сырой клейковины в зерне и стекловидностью;

водопоглотительная способность сильно положительно коррелировала со стекловидностью зерна и отрицательно с белизной и выходом муки, а также

Таблица 3 – Корреляционные связи показателей качества зерна (муки) озимой пшеницы сорта *Элегия*

Показатель	Условия года	Технология возделывания	Сырой протеин, %	Сырая клейковина, %	Урожайность, ц/га	Стекловидность %	Белизна, у.е.	Выход муки, %	ВПС муки, %	Объем хлеба из 100 г муки, мл
Сырой протеин, %	0,78	0,41	1,00							
Сырая клейковина, %	0,49	0,48	0,92	1,00						
Урожайность, ц/га	0,98	0,11	-0,80	-0,55	1,00					
Стекловидность, %	0,30	0,23	-0,02	-0,31	-0,10	1,00				
Белизна, у.е.	0,92	-0,29	-0,77	-0,48	0,84	-0,55	1,00			
Выход муки, %	0,88	-0,15	-0,64	-0,30	0,82	-0,41	0,87	1,00		
ВПС муки, %	0,72	0,31	0,43	0,08	-0,56	0,83	-0,89	-0,83	1,00	
Объем хлеба из 100 г муки, мл	0,74	-0,06	0,83	0,79	-0,85	-0,34	-0,55	-0,45	0,12	1,00
Общая оценка хлеба, балл	0,46	-0,27	0,50	0,54	-0,62	-0,68	-0,16	-0,26	-0,21	0,84

имела среднюю отрицательную связь с урожайностью зерна и положительную с содержанием сырого протеина в зерне и зависела от погодных условий года;

объем хлеба имел сильную положительную связь с содержанием сырого протеина и сырой клейковины в зерне, и отрицательную с урожайностью зерна, а также среднюю отрицательную со стекловидностью, белизной и выходом муки и зависел от погодных условий года;

общая оценка хлеба тесно положительно коррелировала с объемом хлеба, и имела среднюю положительную корреляцию с содержанием сырого протеина и сырой клейковины в зерне и отрицательную с урожайностью и стекловидностью зерна.

Выводы

1. По результатам трехлетних исследований установлено, что такие показатели качества как стекловидность, выход муки при пробном помоле, белизна муки, объем хлеба из 100 г муки и общая хлебопекарная оценка хлеба имели тесную положительную корреляционную связь с условиями возделывания озимой пшеницы, т.е. не зависели от уровня интенсификации технологии возделывания (в пределах опыта), а определялись погодными условиями года. Содержание сырого протеина, сырой клейковины в зерне и водопоглонительная спо-

способность (ВПС) имели среднюю положительную корреляцию с уровнем интенсификации технологии возделывания.

2. Мука сорта *Элегия* по общей хлебопекарной оценке хлеба (3,6-4,2 балла) соответствовала показателям пшеницы средней по силе, пригодной для использования в качестве удовлетворительного или хорошего наполнителя-филлера.

Литература

1. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. // Учебник для студентов высших с.-х. учебных заведений. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 346 с.

2. *Мухаметов, Э.М.* Технология производства и качество продовольственного зерна / Э.М. Мухаметов [и др.]. – Минск: Дизайн ПРО. - 1996. – 256 с.

THE RESULTS OF THE STUDY OF GRAIN AND FLOUR QUALITY CHARACTERISTICS AND THEIR CONVERGENT VARIABILITY IN WINTER WHEAT

I.V.Satsyuk, S.I.Hardzei, A.N. Lychenok, V.V.Kot, A.U. Shanbanovich, V.N.Voitova

The article presents the results of the study of the quality characteristics of grain: content of crude protein, crude gluten and vitreousness; and of flour: flour yield, whiteness, water absorption capacity (WAC), bread volume from 100 g flour and total baking assessment of the winter wheat variety Elegy at two levels of intensification of the cultivation technology. It is shown, that the total baking assessment for this variety doesn't depend on the level of intensification, but it is largely determined by weather conditions of the year. Close and mid relations of quality characteristics in the ranges of trait variability are determined. According to the obtained results, it's established that the flour of the variety Elegy in respect of the total baking rate (3.6-4.2 points) corresponds to the characteristics of medium-strength wheat suitable for the use as satisfactory or good filler.

УДК 633.111«321»:631.84:591.1

КОРРЕЛЯЦИЯ ОТЗЫВЧИВОСТИ СОРТОВ И ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ С МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ РАСТЕНИЙ

И.И. Берестов, доктор с.-х. наук, Р.В. Мельников, соискатель

Е.В. Лапутько, Т.П. Шемпель, научные сотрудники

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 31.01.2019)

Рецензент: Гриб С.И., академик НАН Беларуси

Аннотация. В статье показаны изменчивость, тесная связь генотипических и модификационных различий морфофизиологических показателей растений с влиянием азотного удобрения на урожай зерна яровой мягкой пшеницы.

Введение. Важнейшей задачей современной аграрной науки является повышение эффективности удобрений и снижение потерь при их применении. Наряду с агротехническими и химическими способами решения этой проблемы большое значение имеет создание перспективных сортов и гибридов, способных высокоэффективно использовать питательные вещества как удобрений, так и почвы. Для этого необходимо всестороннее агрохимическое изучение гено-

фонда сельскохозяйственных культур с целью выявления форм растений с выдающимися характеристиками минерального питания.

Как известно, различия сортов и гибридов зерновых культур в использовании удобрений определяются целым комплексом показателей. Важную роль здесь играет развитие корневой системы и ее физиологическая деятельность, активность нитратредуктазы, донорно-акцепторные отношения у растений, устойчивость их к полеганию и другие показатели [1-4].

Целью наших исследований было определение отзывчивости новых районированных и перспективных сортов и образцов яровой мягкой пшеницы на применение азотного удобрения и изучение характера связи оплаты азота урожайностью зерна с морфофизиологическими показателями растений.

Методика и условия проведения исследований. Полевые опыты проводили в 2012-2015 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая хорошо окультуренная. Индекс агрохимической окультуренности почвы – 0,90. Предшественник – крестоцветные культуры.

Объектами исследований были 7 сортов (*Рассвет, Ласка, Любава, Сударыня, Восточка, Ласточка, Чайка*) и 8 образцов (5/10, 11/10, 15/10, 16/10, 18/10, 24/10, 26/10, 27/10) яровой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Сорта и образцы возделывали на фоне $P_{60}K_{120}$ без применения азотного удобрения и с применением карбамида в норме 100 и 160 кг/га д.в. Закладка опыта проводилась по методике двухфакторного опыта. Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – четырехкратная.

Посев проводили селекционной сеялкой Джон Дир с нормой высева 5 млн/га всхожих зерен. Обработку почвы и уход за посевом осуществляли в соответствии с отраслевым регламентом по возделывания яровой пшеницы [5].

Уборку урожая проводили во второй декаде августа в фазу полной спелости зерна комбайном Сампо 130. Данные урожайности приводили к 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте. Перед уборкой на каждой делянке на площади 0,5 м² отбирали сноповый образец, в котором определяли элементы структуры урожая и высоту растений. Количество зерен на единице площади (тыс. шт./м²) рассчитывали путем деления урожайности зерна на единице площади (ц/га) на массу 1000 зерен (г) и умножения полученного результата на 10. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза (Кхоз) определяли по А.А.Ничипоровичу [6], содержание азота в зерне и соломе – по методу Кьельдаля. Общий и удельный вынос азота урожаем, коэффициент использования азота удобрения растениями рассчитывали по обычно применяемым методикам. Для оценки эффективности использования поглощенного азота на формирование урожая зерна определяли уборочный индекс азота (долю азота зерна от общей его массы в надземных органах в фазу полной спелости) и количество сухой надземной массы в фазу полной спелости, синтезированной на килограмм поглощенного азота.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена корреляционным и регрессионным методами по Б.А. Доспехову [7].

Результаты исследований и их обсуждение. Как видно из таблицы 1, наиболее отзывчивыми на применение азотного удобрения в норме 100 кг/га д.в. оказались сорта *Сударыня*, *Восточка* и образцы *16/10*, *27/10*. Оплата 1 кг азота прибавкой урожайности зерна у них в среднем за 2013-2015 гг. составляла 11,4-14,4 кг зерна. Более низкая отзывчивость на азотное удобрение отмечена у сорта *Любава* и образцов *15/10*, *18/10* (5,9-8,2 кг зерна/кг азота). В итоге изменчивость оплаты единицы азота урожаем зерна в опыте в зависимости от сортовых особенностей растений оказалась значительной (коэффициент вариации равен 22,5%).

Отзывчивость яровой пшеницы на применение азотного удобрения сильно и положительно коррелировала с урожайностью зерна возделываемых сортов и образцов ($r=0,82$) и величиной $K_{хоз}$ ($r=0,72$), средне и положительно – с урожайностью надземной массы перед уборкой урожая ($r=0,65$) и урожайностью соломы ($r=0,36$). Более урожайные сорта и образцы чаще всего характеризовались и более высокой оплатой единицы азота урожаем.

Таблица 1 – Урожайность сортов и образцов яровой пшеницы и сопряженность ее с отзывчивостью на азотное удобрение (среднее за 2013-2015 гг.)

Сорт, образец	Урожайность зерна, ц/га		Оплата 1 кг азота, кг зерна	Урожайность сухой массы, ц/га		$K_{хоз}$, %
	$P_{60}K_{120}$	$N_{100}P_{60}K_{120}$		зерно + солома	солома	
				$N_{100}P_{60}K_{120}$		
Рассвет	31,7	42,0	10,3	86,3	50,2	43,1
Ласка	34,6	43,0	8,4	85,0	48,0	43,4
Любава	34,3	40,2	5,9	85,6	51,0	41,6
Сударыня	39,2	52,1	12,9	101,5	56,7	44,7
Восточка	34,8	46,2	11,4	90,3	50,6	44,2
Ласточка	31,4	40,6	9,2	84,1	49,2	43,2
Чайка	37,5	45,8	8,3	91,3	52,0	42,8
5/10	36,8	47,0	10,2	94,4	54,1	43,6
11/10	31,4	40,0	8,6	78,3	43,9	44,9
15/10	34,9	43,1	8,2	87,4	50,3	43,4
16/10	36,9	48,6	11,7	90,4	48,6	46,7
18/10	32,7	39,8	7,1	84,0	49,8	41,8
24/10	37,0	45,6	8,6	93,2	54,0	41,4
26/10	37,2	48,1	10,9	96,0	54,6	44,1
27/10	35,3	49,7	14,4	94,8	52,1	44,8
Коэффициент вариации (V),%						
	6,9	8,7	22,5	6,6	6,2	3,2
Коэффициент корреляции (r) с оплатой азота						
	0,38	0,82***		0,65**	0,36	0,72**

Примечание. Уровень значимости в таблицах **0,01; ***0,001

Корреляционный анализ показал слабую изменчивость элементов структуры урожайности зерна и высоты растений в зависимости от сортовых особенностей пшеницы (таблица 2). Коэффициент вариации отмеченных показателей изменялся от 5,6% (высота растений) до 9,3% (масса зерна с колоса). Следует

отметить, что сорта *Рассвет*, *Любава*, образец 27/10 формировали посевами с высокой плотностью продуктивного стеблестоя, образцы 16/10, 24/10, 26/10 и сорт *Сударыня* – с большой массой зерна с колоса, сорта *Сударыня* и *Восточка* – с большим числом зерен в колосе. Самым крупнозерным оказался образец 16/10, который по массе 1000 зерен среди изучаемых сортов и образцов занимал первое место.

Таблица 2 – Биометрические показатели сортов и образцов яровой пшеницы и корреляционная связь их с отзывчивостью на азотное удобрение (среднее за 2013-2015 гг.)

Сорт, образец	Высота растений перед уборкой, см	Число продуктивных стеблей, шт/м ²	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с колоса, г	Число зерен в колосе, шт	Число зерен на м ² , тыс. шт.
Рассвет	65,8	414	37,2	1,10	29,4	11,92
Ласка	65,1	392	36,9	1,15	31,1	12,19
Любава	64,0	412	38,4	1,02	26,7	11,00
Сударыня	73,9	397	39,9	1,38	34,3	13,35
Восточка	68,8	382	37,5	1,27	33,7	12,65
Ласточка	65,1	384	38,6	1,12	28,7	10,69
Чайка	61,8	368	41,3	1,28	31,1	11,47
5/10	67,2	382	38,5	1,27	32,8	12,45
11/10	62,3	355	37,5	1,18	31,5	11,10
15/10	63,7	380	42,2	1,15	27,2	10,32
16/10	69,6	358	46,8	1,39	30,1	10,50
18/10	71,4	339	40,4	1,20	29,8	10,16
24/10	69,3	344	44,1	1,37	30,9	10,59
26/10	73,0	379	44,2	1,34	30,1	10,97
27/10	67,6	429	39,1	1,18	30,1	12,93
Коэффициент вариации (V), %						
	5,6	6,7	7,4	9,3	7,0	8,9
Коэффициент корреляции (r) с оплатой азота						
	0,49	0,39	0,11	0,48	0,51	0,64**

Примечание. В таблицах 2 и 3 представлены данные по варианту N₁₀₀P₆₀K₁₂₀.

Окупаемость азотного удобрения урожайностью зерна была положительно и в средней степени сопряжена с числом продуктивных стеблей на единице площади перед уборкой урожая ($r=0,39$), массой зерна с колоса ($r=0,48$), числом зерен в колосе ($r=0,51$), слабо и положительно – с массой 1000 зерен ($r=0,11$). Более тесная корреляционная связь оплаты азота наблюдалась с числом зерен на единице площади ($r=0,64$).

Генотипические различия яровой пшеницы слабо влияли на физиологические показатели растений, особенно на содержание белка в зерне ($v=2,1\%$) и количество сухой надземной массы, синтезированной на кг поглощенного азота ($v=3,1\%$) (таблица 3). Связь оплаты азота с общим потреблением азота урожаем зерна и соломы была средней и положительной ($r=0,34$). Подобный характер

связи наблюдался и с коэффициентом использования азота карбамида растениями ($r=0,43$).

Таблица 3 – Физиологические показатели сортов и образцов яровой пшеницы и связь их с оплатой азотного удобрения урожаем (среднее за 2013-2015 гг.)

Сорт, образец	Общий вынос азота урожаем, кг/га	Удельный вынос азота, кг/т зерна	Коэффициент использования азота удобрения, %	Синтез сухой массы на кг поглощенного азота, кг	Уборочный индекс азота, %	Сырой белок в зерне, %
Рассвет	127,7	30,1	57,9	67,4	71,6	14,1
Ласка	125,5	28,7	53,1	67,9	70,3	13,3
Любава	129,7	32,1	58,0	65,1	67,7	14,3
Сударыня	143,9	27,6	70,0	70,0	73,8	13,5
Весточка	133,7	29,0	64,2	67,1	73,7	14,0
Ласточка	122,8	30,0	56,5	67,8	71,0	14,0
Чайка	140,5	30,5	65,5	64,5	71,1	14,4
5/10	142,8	30,2	67,4	65,5	70,2	14,0
11/10	117,7	29,3	55,1	65,5	73,2	14,2
15/10	130,9	30,6	57,7	65,7	69,6	14,1
16/10	134,9	28,0	58,2	66,3	76,0	14,1
18/10	130,3	32,7	56,5	63,7	65,9	14,2
24/10	137,5	30,1	57,6	67,7	69,7	13,8
26/10	140,8	29,2	63,8	67,4	73,3	14,2
27/10	131,1	26,4	58,5	71,7	78,2	13,7
Коэффициент вариации (V), %						
	5,7	5,5	8,2	3,1	4,4	2,1
Коэффициент корреляции (r) с оплатой азота						
	0,34	-0,88***	0,43	0,78***	0,89***	-0,42

Менее отзывчивые на применение азотного удобрения сорта и образцы, как и более отзывчивые, активно поглощали азот почвы и удобрения и размеры потребления его на формирование урожая у них сильно не различались. По-видимому, поглотительная способность корней у первых и вторых была ориентирована на максимальное поглощение питательных веществ из окружающей среды, независимо от отзывчивости на удобрения.

Следует отметить, что неодинаковые по отзывчивости на азотное удобрение сорта и образцы заметно различались по использованию поглощенного азота на формирование хозяйственно-ценной части урожая. У более отзывчивых сортов и образцов возрастало количество азота в зерне и снижалось в соломе, что повышало уборочный индекс азота. Связь оплаты азота урожайностью зерна с уборочным индексом азота характеризовалась как прямая и сильная ($r=0,89***$). Подобный характер связи отмечен и с количеством сухой надземной массы, синтезированной на кг поглощенного азота ($r=0,78***$).

Тесная связь оплаты азотного удобрения прибавкой урожайности зерна выявлена также с удельным выносом азота сортами и образцами яровой пше-

нищей. Корреляция между признаками оказалась сильной и отрицательной ($r = -0,88^{***}$).

При повышении нормы карбамида от 100 до 160 кг/га д.в. оплата 1 кг азота удобрения урожаем в среднем за 4 года снижалась на 2,4 кг зерна (таблица 4). Усиление уровня азотного питания растений сопровождалось увеличением числа продуктивных стеблей и зерен на единице площади, а также величины общего и удельного выноса азота урожаем. Уменьшалась величина уборочного индекса азота.

Таблица 4 – Оплата азотного удобрения урожаем зерна и морфофизиологические показатели растений на фоне разных норм азота, среднее по 15 сортам и образцам (2012-2015 гг.)

Показатель	Норма азота, кг/га	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее за 4 года
Оплата азота урожаем, кг зерна/кг азота	100	-1,2	16,0	4,2	9,1	7,0
	160	-7,8	12,1	4,7	9,6	4,6
Урожайность сухой массы зерна и соломы, ц/га	100	129,7	91,4	113,3	63,8	99,6
	160	123,7	97,7	123,6	75,6	105,2
Урожайность соломы, ц/га	100	83,0	52,7	67,6	32,7	59,0
	160	82,8	56,1	75,0	39,0	63,2
Кхоз, %	100	37,2	43,6	38,9	48,2	42,0
	160	34,2	43,6	37,9	48,7	41,1
Высота растений перед уборкой урожая, см	100	92,1	74,2	67,8	59,8	73,5
	160	93,8	73,6	72,9	58,1	74,6
Число продуктивных стеблей, шт./м ²	100	613	385	509	250	439
	160	639	412	549	273	468
Масса зерна с колоса, г	100	0,89	1,17	1,05	1,45	1,14
	160	0,75	1,18	1,04	1,56	1,13
Масса 1000 зерен, г	100	34,5	36,8	36,9	46,7	38,7
	160	32,0	37,3	35,9	47,9	38,3
Число зерен в колосе, шт.	100	26,1	31,9	28,5	31,1	29,4
	160	23,6	31,7	28,9	32,8	29,2
Число зерен на м ² , тыс. шт.	100	15,71	12,25	14,46	7,75	12,54
	160	14,88	13,01	15,78	8,95	13,16
Общий вынос азота урожаем, кг/га	100	186,3	126,7	149,9	94,9	139,4
	160	197,2	148,5	181,2	115,9	160,7
Удельный вынос азота, кг/т	100	34,4	30,2	30,4	28,2	30,8
	160	41,7	33,0	34,6	29,3	34,6
Уборочный индекс азота, %	100	63,2	67,8	68,6	78,7	69,6
	160	56,4	64,8	65,8	77,8	66,2

При модификационных различиях яровой пшеницы, не связанных с сортовыми особенностями растений и обусловленных разными дозами азота, погодными условиями и другими факторами, корреляционная связь оплаты азотного удобрения урожаем зерна с большинством морфофизиологических показателей растений была криволинейной, с числом зерен в колосе и удельным выносом

азота урожаем – линейной (таблица 5). Наибольшая оплата азота урожаем наблюдалась при урожайности сухой массы зерна и соломы перед уборкой урожая 86,6 ц/га, урожайности соломы – 49,4 ц/га, величине Кхоз – 44,9%, высоте растений – 68,0 см, числе продуктивных стеблей на м² – 368 шт., массе зерна с колоса – 1,34 г, массе 1000 зерен – 42,2 г, числе зерен на м² – 10,73 тыс. шт., общем выносе азота урожаем – 125,8 кг/га и уборочном индексе азота – 73,6%. При более высокой или низкой величине отмеченных показателей оплата азотного удобрения урожаем снижалась. Оплата азота урожаем зерна возрастала при увеличении числа зерен в колосе и уменьшалась при повышении удельного выноса азота.

Таблица 5 – Корреляционная связь оплаты азотного удобрения прибавкой урожайности зерна (кг зерна/кг азота) (у) с морфобиологическими показателями растений (х) (модификационные различия), (2012-2015 гг.)

Показатель	Уравнение регрессии	R ²
Урожайность сухой массы зерна и соломы, ц/га	$y = -0,0085x^2 + 1,4714x - 50,477$	0,78**
Урожайность соломы, ц/га	$y = -0,0142x^2 + 1,4041x - 21,924$	0,89***
Кхоз, %	$y = -0,1708x^2 + 15,323x - 331,43$	0,88***
Высота растений, см	$y = -0,0208x^2 + 2,8267x - 86,087$	0,66*
Число продуктивных стеблей, шт./м ²	$y = -0,0002x^2 + 0,1772x - 19,84$	0,92***
Масса зерна с колоса, г	$y = -54,189x^2 + 145,12x - 85,293$	0,81**
Масса 1000 зерен, г	$y = -0,2035x^2 + 17,195x - 348,41$	0,68*
Число зерен в колосе, шт.	$y = 2,0397x + 53,614$	0,89***
Число зерен на м ² , тыс. шт.	$y = -0,5935x^2 + 12,736x - 54,675$	0,62*
Общий вынос азота урожаем, кг/га	$y = -0,003x^2 + 0,7545x - 34,999$	0,80**
Удельный вынос азота, кг/т	$y = -1,2072x + 45,707$	0,57
Уборочный индекс азота, %	$y = -0,0554x^2 + 8,1599x - 289,55$	0,54

Выводы

1. Сорты *Сударыня*, *Восточка*, образцы *16/10*, *27/10* хорошо отзывчивы на применение азотного удобрения, повышают урожайность зерна от внесения 100 кг/га азота на 11,4-14,4 ц/га.

2. Корреляционная связь между генотипическими различиями морфобиологических признаков яровой мягкой пшеницы и отзывчивостью на применение азотного удобрения в основном носит линейный характер. Наиболее тесно сопряжена она с такими показателями, как удельный вынос азота урожаем, уборочный индекс азота, количество сухой надземной массы, синтезированной на кг поглощенного азота, коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза (Кхоз), количество зерен, сформированных растениями на единице площади.

3. Модификационные различия морфобиологических признаков яровой мягкой пшеницы, не связанные с сортовыми особенностями растений, чаще всего более сильно коррелируют с отзывчивостью на применение азотного

удобрения, чем генотипические различия. При этом связь между признаками в основном имеет криволинейный характер.

Литература

1. *Климашевский, Э.Л.* Проблема генотипической специфики корневого питания растений / Э.Л. Климашевский // Сорт и удобрения: сб. статей / Сиб. ин-т физиологии и биохимии раст.; отв. ред. Э.Л. Климашевский. – Иркутск, 1974. – С. 11-53.
2. *Климашевский, Э.Л.* Теория агрохимической эффективности растений / Э.Л. Климашевский // Агрохимия. – 1990. – №1. – С. 131-148.
3. *Гамзикова, О.И.* Генотипические реакции яровой пшеницы на удобрения / О.И. Гамзикова, Г.П. Гамзиков, Д.А. Шамрай // Сорт и удобрения : сб. статей / Сиб. ин-т физиологии и биохимии раст.; отв. ред. Э.Л. Климашевский. – Иркутск, 1974. – С. 180-187.
4. *Чернышева, Н.Ф.* Отзывчивость сортов яровой пшеницы на удобрения и катионно-обменная емкость корней / Н.Ф. Чернышева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1973. – №4. – С. 46-51.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Национальная академия наук Беларуси, Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2012. – С. 63-78.
6. *Ничипорович, А.А.* О путях повышения продуктивности фотосинтеза в посевах / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М., 1963. – С. 5-36.
7. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов; изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

CORRELATION OF THE RESPONSE OF SPRING SOFT WHEAT (TRITICUM AESTIVUM) VARIETIES AND ACCESSIONS TO THE APPLICATION OF NITROGEN FERTILIZER WITH PLANT MORPHO-PHYSIOLOGICAL INDICATORS
I.I. Berestov, R.V. Melnikov, E.V. Laputsko, T.P. Shempel

The article demonstrates variation and close relation of genotypic and modification differences of plant morpho-physiological indicators to the effect of nitrogen fertilizer on the yield of spring soft wheat (triticum aestivum).

УДК 633.16«321»:581.19:636.085

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЯ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕРНА
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО НА КОРМ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ**

***И.И. Берестов, доктор с.-х. наук, Е.Л. Долгова, канд. с.-х. наук,
В.Н. Безлюдный, канд. биол. наук, А.А. Зубкович, кандидат с.-х. наук***
*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 31.01.2019)*

Рецензент: Васько П.П., канд. биол. наук

Аннотация. Приводятся результаты исследований по определению биохимического состава зерна ярового ячменя и содержания обменной энергии в нем при использовании на корм крупного рогатого скота, свиней и сельскохозяйственной птицы. Показаны изменчи-

вость обменной энергии, а также теснота и направление связи ее с показателями биохимического состава зерна.

Введение. Как известно, во многих странах с развитым животноводством применяется система оценки питательности кормов и нормирования кормления животных по показателям обменной энергии. Обменная энергия означает количество энергии, усвоенной организмом из корма для своего энергетического обмена и образования продукции. Определяется она как прямым методом в обменных (балансовых) опытах, так и косвенными методами (по переваримым или сырым питательным веществам) [1-3]. Эффективность использования обменной энергии зависит от вида животных, направления их продуктивности, типа кормления, его сбалансированности и других факторов [4].

Концентрация обменной энергии в сухом веществе корма или рациона является важнейшим показателем, характеризующим его качество и в значительной степени определяющим уровень продуктивности животных. Установлено [5, 6], что, чем выше концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона, тем выше продуктивность животных и меньше затраты кормов на единицу продукции.

Следует отметить, что энергетическая ценность кормов и рационов обусловлена, главным образом, содержанием в них сухого вещества, углеводов, белков, жиров и минеральных веществ. На накопление этих веществ в растительной продукции влияют плодородие почвы, применение удобрений, погодные условия и многие другие факторы.

Целью наших исследований было изучение изменчивости содержания обменной энергии, тесноты и характера связи ее с показателями биохимического состава зерна ярового ячменя, используемого на корм крупного рогатого скота, свиней и сельскохозяйственной птицы.

Методика и объекты исследований. В качестве материала для исследования использованы образцы зерна сортов и образцов ярового ячменя, выращенные в 2014-2018 гг. в селекционных посевах и технологических опытах РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Всего использовано 178 образцов.

Массовую долю азота в сухом веществе зерна определяли на анализаторе NIRS 5000 с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области [7]. Градуировка прибора проводилась по результатам определения азота по методу Къельдаля. Для вычисления массовой доли сырого протеина массовую долю азота умножали на коэффициент 6,25. Определение сухого вещества в зерне осуществляли путем высушивания навески до постоянной массы по ГОСТ 31640-2012 [8]. Сырой жир в зерне определяли на экстракционном устройстве SER 148/6 [9], сырую клетчатку – на полуавтоматической системе FIWE 6 [10], сырую золу – путем сухого озоления материала при температуре 550 °С в течение 4 часов. Значения массовой доли питательных веществ в сухом веществе, определенные в процентах, умножали на коэффициент 10 для перевода их в г/кг. Содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в зерне ячменя (г/кг) рассчитывали путем вычитания из 1000 суммарного содержания (в г/кг)

сырых веществ (протеина, жира, клетчатки, золы). Концентрацию обменной энергии в сухом веществе зерна ячменя, используемого на корм крупного рогатого скота, свиней и сельскохозяйственной птицы, рассчитывали по уравнению регрессии, представленным в ГОСТ Р 53900-2010 [11]. Статистическая обработка результатов исследования проведена по Б.А. Доспехову с использованием MS Excel 2010.

Результаты и обсуждение. Как видно из таблицы 1, биохимические показатели зерна ячменя различались в разные годы исследований. Среднее содержание сырого протеина в 2014 г. (103,7 г/кг) и 2017 г. (118,6 г/кг) было статистически значимо ниже, чем в 2015 г. (157,8 г/кг). В 2014 г. и 2015 г. содержание сырого жира в зерне было равно 24,5-24,9 г/кг, что достоверно превышало значения этого показателя в 2016-2018 гг. (17,8-19,2 г/кг). Более высокими значениями содержания сырой клетчатки образцы характеризовались в 2015 г. и 2016 г., сырой золы – в 2018 г. Больше всего БЭВ было в зерне урожая 2014 г. и 2017 г. (в среднем 805,9-812,2 г/кг), меньше (754,4 г/кг) – в зерне урожая 2015 г.

Таблица 1 – Вариация биохимического состава зерна ячменя в годы исследований

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Количество образцов, шт.	48	38	24	44	24
Сырой протеин, г/кг сухого вещества					
Диапазон варьирования	91,7-116,3	130,2-178,4	118,6-142,6	97,6-148,0	121,7-154,6
Среднее значение	103,7	157,8	128,6	118,6	135,6
Стандартное отклонение	7,05	11,50	5,30	10,70	11,30
Коэффициент вариации, %	6,8	7,3	4,1	9,0	8,3
Сырой жир, г/кг сухого вещества					
Диапазон варьирования	21,3-29,2	22,1-29,5	17,8-21,1	16,0-23,0	14,6-22,2
Среднее значение	24,9	24,5	19,2	17,8	19,1
Стандартное отклонение	2,16	1,52	0,96	1,24	1,84
Коэффициент вариации, %	8,7	6,2	5,0	7,0	9,6
Сырая клетчатка, г/кг сухого вещества					
Диапазон варьирования	32,0-45,2	33,1-49,8	38,5-46,0	24,2-43,1	32,3-41,8
Среднее значение	38,5	42,1	41,1	37,2	36,2
Стандартное отклонение	3,29	4,26	2,06	4,88	2,22
Коэффициент вариации, %	8,5	10,1	5,0	13,1	6,1
Сырая зола, г/кг сухого вещества					
Диапазон варьирования	17,8-24,2	18,8-24,6	20,2-22,2	17,7-27,4	21,2-27,3
Среднее значение	20,7	21,2	21,4	20,5	24,2
Стандартное отклонение	1,56	1,88	0,57	1,66	1,53
Коэффициент вариации, %	7,5	8,9	2,7	8,1	6,3
БЭВ, г/кг сухого вещества					
Диапазон варьирования	799,7-823,9	736,3-768,2	774,8-795,6	785,1-827,5	764,0-815,3
Среднее значение	812,2	754,4	789,7	805,9	785,0
Стандартное отклонение	7,00	10,10	5,27	10,84	11,84
Коэффициент вариации, %	0,9	1,3	0,7	1,3	1,5

Следует отметить, что при значительном различии между величинами биохимических показателей в отдельные годы исследований, изменчивость их в пределах выборки года была незначительной. Коэффициент вариации содержания сырого протеина в образцах 2014-2018 гг. изменялся в пределах 4,1-9,0%, сырого жира – 5,0-8,7, сырой золы – 2,7-8,9%, БЭВ – 0,7-1,5%. Средняя изменчивость ($V=10,1-13,1\%$) отмечена лишь у клетчатки в 2015 г. и 2017 г.

Содержание обменной энергии в зерне ячменя существенно изменялось в зависимости от вида опытного животного и слабо от различий в биохимическом составе зерна в годы исследований (таблицы 2-4). При одинаковом биохимическом составе содержание обменной энергии в зерне в среднем за 2014-2018 гг. при кормлении крупного рогатого скота было равно 12,65, сельскохозяйственной птицы – 13,94 и свиней – 15,29 МДж/кг сухого вещества. В зависимости же от изменения биохимического состава среднее содержание обменной энергии в годы исследований варьировало при использовании зерна на корм крупного рогатого скота в пределах 12,47-12,88, сельскохозяйственной птицы – 13,88-14,08, свиней – 15,19-15,37 МДж/кг сухого вещества. Различия между отмеченными значениями обменной энергии составляли соответственно лишь 3,3; 1,4 и 1,2%. Коэффициент вариации обменной энергии в годы исследований (0,3-1,1%) был меньше коэффициентов вариации биохимических показателей зерна.

Наиболее высокое содержание обменной энергии в зерне ячменя при кормлении крупного рогатого скота и птицы отмечено в 2015 г., самое низкое при кормлении свиней в 2015 г. и 2016 г.

Таблица 2 – Вариация содержания обменной энергии в зерне ячменя, используемого на корм крупного рогатого скота

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Обменная энергия, МДж /кг сухого вещества					
Диапазон варьирования	12,33-12,65	12,63-13,08	12,46-12,72	12,38-12,91	12,50-12,84
Среднее значение	12,47	12,88	12,61	12,59	12,71
Стандартное отклонение	0,086	0,133	0,061	0,124	0,087
Доверительные интервалы среднего значения	12,44-12,50	12,76-12,92	12,58-12,64	12,55-12,63	12,67-12,75
Коэффициент вариации, %	0,7	1,0	0,5	1,0	0,7
Среднее содержание в источниках энергии, МДж /кг сухого вещества					
Сырой протеин	2,16	3,29	2,68	2,47	2,83
Сырой жир	0,43	0,42	0,33	0,30	0,33
БЭВ	9,96	9,25	9,68	9,88	9,62
В % от суммарного содержания в источниках энергии					
Сырой протеин	17,2	25,4	21,1	19,5	22,1
Сырой жир	3,4	3,2	2,6	2,4	2,6
БЭВ	79,4	71,4	76,3	78,1	75,3

Таблица 3 – Вариация содержания обменной энергии в зерне ячменя, используемого на корм свиньям

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Обменная энергия, МДж /кг сухого вещества					
Диапазон варьирования	15,08-15,66	14,95-15,59	15,00-15,33	15,09-15,83	15,07-15,52
Среднее значение	15,37	15,22	15,19	15,35	15,34
Стандартное отклонение	0,125	0,152	0,078	0,174	0,096
Доверительные интервалы среднего значения	15,33-	15,17-	15,16-	15,30-	15,30-
	15,41	15,27	15,22	15,40	15,38
Коэффициент вариации,%	0,8	1,0	0,5	1,1	0,6
Среднее содержание в источниках энергии, МДж /кг сухого вещества					
Сырой протеин	1,76	2,67	2,18	2,01	2,30
Сырой жир	0,70	0,69	0,54	0,50	0,54
БЭВ	9,96	9,25	9,68	9,88	9,62
В % от суммарного содержания в источниках энергии					
Сырой протеин	14,2	21,2	17,6	16,2	18,5
Сырой жир	5,6	5,5	4,4	4,0	4,3
БЭВ	80,2	73,3	78,0	79,8	77,2

Таблица 4 – Вариация содержания обменной энергии в зерне ячменя, используемого на корм сельскохозяйственной птице

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Обменная энергия, МДж /кг сухого вещества					
Диапазон варьирования	13,78-14,05	13,95-14,25	13,76-13,95	13,72-14,09	13,83-14,01
Среднее значение	13,91	14,08	13,88	13,88	13,94
Стандартное отклонение	0,07	0,085	0,042	0,085	0,05
Доверительные интервалы среднего значения	13,89-	14,05-	13,86-	13,85-	13,92-
	13,93	14,11	13,90	13,91	13,96
Коэффициент вариации,%	0,5	0,6	0,3	0,6	0,4
Среднее содержание в источниках энергии, МДж /кг сухого вещества					
Сырой протеин	1,88	2,86	2,33	2,15	2,45
Сырой жир	0,75	0,74	0,58	0,53	0,57
БЭВ	11,29	10,49	10,98	11,20	10,91
В % от суммарного содержания в источниках энергии					
Сырой протеин	13,5	20,3	16,8	15,5	17,6
Сырой жир	5,4	5,3	4,2	3,8	4,1
БЭВ	81,1	74,4	79,0	80,7	78,3

Основное количество обменной энергии в зерне содержалось в БЭВ (в среднем за 2014-2018 гг. при кормлении крупного рогатого скота 76,1; свиней 77,7; птицы 78,7% от суммарного содержания в источниках энергии). Далее следовали сырой протеин (соответственно 21,1; 17,5 и 16,7%) и сырой жир (2,8; 4,8 и 4,6%).

Теснота и характер связи обменной энергии с биохимическими показателями зерна ячменя изменялись в зависимости от вида животного, на корм которого использовалось зерно (таблица 5).

Таблица 5 – Связь обменной энергии с биохимическими показателями зерна ячменя, используемого на корм животных

Год	Коэффициент корреляции обменной энергии с показателями				
	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырая зола	БЭВ
При кормлении крупного рогатого скота					
2014	0,86***	0,14	-0,81***	0,30*	-0,59***
2015	0,93***	-0,20	-0,85***	0,37*	-0,74***
2016	0,89***	0,11	-0,70***	0,15	-0,61**
2017	0,89***	0,07	-0,68***	0,20	-0,55***
2018	0,92***	-0,25	-0,36	0,62**	-0,85***
При кормлении свиней					
2014	0,39**	0,23	-0,95***	0,11	-0,04
2015	0,56***	-0,11	-0,97***	-0,18	-0,25
2016	0,32	0,07	-0,98***	0,16	0,04
2017	0,31*	-0,22	-0,98***	0,34*	0,11
2018	-0,29	0,54**	-0,92***	-0,23	0,40*
При кормлении сельскохозяйственной птицы					
2014	0,55***	0,56***	-0,73***	-0,04	-0,38*
2015	0,79***	0,04	-0,88***	0,20	-0,57***
2016	0,72***	0,37	-0,77***	0,08	-0,49*
2017	0,76***	0,17	-0,74***	0,12	-0,45**
2018	0,36	0,45*	-0,72***	0,18	-0,29

Примечание. Уровень значимости: *0,05; **0,01; ***0,001.

Во все годы исследований при кормлении крупного рогатого скота содержание обменной энергии в зерне сильно и положительно коррелировало с содержанием сырого протеина (коэффициент парной корреляции 0,86-0,92). С сырой клетчаткой и БЭВ связь была обратной и чаще всего сильной, с сырой золой – положительной и по силе средней (реже слабой), с сырым жиром – слабой, несущественной.

При кормлении свиней отмечена сильная и отрицательная корреляция обменной энергии с содержанием клетчатки, чаще всего средняя и положительная – с содержанием сырого протеина, слабая, несущественная – с содержанием сырой золы, сырого жира и БЭВ.

Подобная степень сопряженности в изменчивости признаков наблюдалась и при кормлении сельскохозяйственной птицы. Можно отметить лишь более тесную положительную связь обменной энергии с содержанием сырого протеина и жира и среднюю отрицательную – с содержанием БЭВ.

Выводы

1. Содержание обменной энергии в кормовом зерне ярового ячменя сравнительно слабо изменяется в зависимости от биохимического состава зерна и существенно зависит от вида сельскохозяйственного животного, на корм которого используется зерно.

2. При кормлении крупного рогатого скота содержание обменной энергии в зерне наиболее тесно сопряжено с содержанием сырого протеина, а при кормлении свиней и сельскохозяйственной птицы – с содержанием сырой клетчатки.

3. Содержание обменной энергии в зерне ячменя положительно коррелирует с содержанием сырого протеина. При этом наибольшая сопряженность в изменчивости признаков отмечается при кормлении крупного рогатого скота, а наименьшая – при кормлении свиней.

Литература

1. Методические рекомендации по оценке кормов на основе их переваримости / под ред. Н.Г.Григорьева; сост. коллектив авторов. – М.: ВАСХНИЛ, 1989. – 44 с.

2. Кирилов, М.П. Методика расчета обменной энергии в кормах на основе содержания сырых питательных веществ / М.П. Кирилов [и др.]. – Изд-во ВНИИ животноводства Россельхозакадемии: Дубровицы, 2008. – 30 с.

3. Иоффе, В.Б. Корма и молоко / В.Б.Иоффе. – Молодечно: УП «Типография «Победа», 2002. – 231 с.

4. Дмитроченко, А.П. Энергетическое питание сельскохозяйственных животных. Кормление с.-х. животных / А.П. Дмитроченко // Сборник работ под ред. А.П. Дмитроченко. – Л.: Колос, 1968. – С. 5-33.

5. 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.

6. 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.

7. Крищенко, В.П. Ближняя инфракрасная спектроскопия / В.П. Крищенко. – М.: КРОНПРЕСС, 1997. – 640 с

8. ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

9. Берестов, И.И. Результаты определения содержания сырого жира в кормах на экстракционном устройстве SER 148/6 / И.И.Берестов, А.К.Петрович // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр./ Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2011. – Вып. 47. – С. 185-190.

10. Берестов, И.И. К методике определения сырой клетчатки в кормах с помощью полуавтоматической системы FIWE 6 / И.И.Берестов, А.К.Петрович // Земледелие и селекция в Беларуси: Сб. науч. тр./ Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2011. – Вып. 47. – С. 179-185.

11. ГОСТ Р 53900-2010. Ячмень кормовой. Технические условия.

VARIABILITY OF METABOLIC ENERGY CONTENT DEPENDING ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF SPRING BARLEY GRAIN USED FOR FARM ANIMALS FEED **I.I. Berestov, E.L. Dolgova, V.N. Bezludny**

The article deals with the results of the research on identifying biochemical composition and content of metabolic energy in spring barley grain used for cattle, pig and poultry feed. Variability of metabolic energy and its close connection to the indicators of grain biochemical composition are shown.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ В ЗЕРНЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

В.Н. Безлюдный, кандидат биол. наук, **И.И. Берестов**, доктор с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 01.02.2019)

Рецензент: Холодинская Н.Л., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** По спектрам образцов зерна ярового ячменя в ближней инфракрасной области с использованием модифицированного метода наименьших квадратов и метода искусственной нейронной сети построены предсказательные модели содержания обменной энергии для крупного рогатого скота, овец, свиней и птицы. Проведена сравнительная оценка полученных калибровок и результатов их тестирования. Сделан вывод о возможности использования ближней инфракрасной спектроскопии для определения содержания обменной энергии в зерне ярового ячменя.*

Для нормальной жизнедеятельности и образования продукции животного необходимо постоянное поступление в организм энергии. Энергия – один из основных показателей питательной ценности корма.

В разных странах мира приняты различные системы энергетической оценки кормов – по крахмальным эквивалентам, кормовым единицам, сумме переваримых питательных веществ и др. В то же время ни валовая энергия, ни переваримая не могут служить объективным показателем энергетической ценности корма, так как они не характеризуют собой фактического использования энергии организмом. Поэтому в последние годы все большее предпочтение отдается оценке питательности кормов и рационов по содержанию обменной энергии.

Обменная энергия – это часть энергии корма, которая требуется для осуществления обменных процессов животных и производства продукции. Для измерения содержания обменной энергии кормов существуют прямые и косвенные методы [1]. Прямые методы определения обменной энергии связаны с проведением обменных (балансовых) опытов на животных и птице, а косвенные основаны на определении содержания в кормах органических переваримых и сырых питательных веществ. Как прямые, так и косвенные методы определения содержания обменной энергии в кормах достаточно трудоемки, дорогостоящи и требуют большого количества времени. В связи с этим представляет интерес использование ближней инфракрасной спектроскопии [2] для оценки качества корма.

Материалы и методика исследований. В качестве материала для исследования использовали образцы зерна сортов и образцов ячменя, выращенные в технологических опытах и селекционных посевах РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2014-2018 гг.

Содержание обменной энергии (ОЭ) в зерне ячменя вычисляли по содержанию сырого протеина (СП), сырого жира (СЖ), сырой клетчатки (СЛ) и сырой золы (СЗ) [3].

Содержание сырого протеина определяли с использованием сканирующего спектрометра NIRS 5000 (FOSS NIRSystems, США) методом ближней инфракрасной спектроскопии [4]. Содержание сырого жира определяли на экстракционном устройстве SER 148/6 (VELP Scientifica, Италия) по методике Рэндалла [5], сырой клетчатки – на полуавтоматическом экстракторе FIWE 6 (VELP Scientifica, Италия) по методике Винда [6]. Содержание сырой золы (СЗ) определяли путем сухого озоления при температуре 550 °С [7]. Содержание всех определяемых компонентов зерна ячменя выражали в граммах на 1 кг сухого вещества.

По значениям содержания химических компонентов зерна ярового ячменя рассчитывали содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ):

БЭВ = 1000 – (СП + СЖ + СК + СЗ), которое также выражали в граммах на 1 кг сухого вещества.

Содержание обменной энергии в зерне ярового ячменя вычисляли по следующим формулам:

для крупного рогатого скота:

$$ОЭ = 0,02085 \text{ СП} + 0,01715 \text{ СЖ} - 0,001865 \text{ СК} + 0,01226 \text{ БЭВ};$$

для овец:

$$ОЭ = 0,021098 \text{ СП} + 0,021532 \text{ СЖ} - 0,00159 \text{ СК} + 0,012906 \text{ БЭВ};$$

для свиней:

$$ОЭ = 0,01693 \text{ СП} + 0,02802 \text{ СЖ} - 0,02181 \text{ СК} + 0,01694 \text{ БЭВ};$$

для сельскохозяйственной птицы:

$$ОЭ = 0,0181 \text{ СП} + 0,030 \text{ СЖ} + 0,0139 \text{ БЭВ}.$$

Полученные величины обменной энергии пересчитывали с учетом влажности и выражали в МДж на 1 кг натурального зерна. Величину содержания обменной энергии в образцах зерна естественной влажности использовали для построения предсказательных моделей.

Спектры зерна ярового ячменя измеряли в диапазоне длин волн 1100-2500 нм с шагом сканирования 2 нм. Обработка спектров и расчет предсказательных моделей осуществлялись с использованием программы WinISI II v.1.02 (InfraSoft, США), входящей в комплект спектрометра.

Спектры образцов зерна подвергали предварительному математическому преобразованию путем нормирования по среднеквадратичному отклонению с одновременным устранением тренда (SNVD) в сочетании с методами скользящего среднего (бегущего окна) и при использовании производных различного порядка.

Точность предсказания оценивали по характеристикам калибровочных уравнений (SEC – стандартная ошибка калибровки; R^2 – коэффициент детерминации), показателям перекрестной проверки (SECV – стандартная ошибка перекрестной проверки; 1-VR – коэффициент детерминации при перекрестной проверке), а также по результатам тестирования с использованием спектров образцов зерна ярового ячменя, не использовавшихся в калибровании, на основании показателей стандартной ошибки определения (SEP) и коэффициента детерминации (R^2).

Результаты и обсуждение. Использование разных технологий выращивания и разнообразие погодных условий, складывавшихся в годы исследования, способствовали формированию различного компонентного состава зерна ярового ячменя и, как следствие, обеспечили варьирование содержания обменной энергии. При расчете для крупного рогатого скота диапазон варьирования содержания обменной энергии составил 10,95-11,77; для овец – 8,91-10,04; для свиней – 11,47-13,01; для птиц – 9,55-10,79 МДж/кг (таблица 1).

Таблица 1 - Вариация образцов зерна ярового ячменя по содержанию обменной энергии для разных видов животных

Образец	Диапазон вариации, МДж/кг	Среднее, МДж/кг	Стандартное отклонение
для крупного рогатого скота			
Калибровочные (280 шт.)	10,98 – 11,77	11,31	0,19
Независимые (42 шт.)	10,95 – 11,66	11,35	0,18
Всего (322 шт.)	10,95 – 11,77	11,32	0,19
для овец			
Калибровочные (280 шт.)	8,91 – 10,04	9,44	0,22
Независимые (42 шт.)	8,95 – 10,01	9,41	0,23
Всего (322 шт.)	8,91 – 10,04	9,44	0,22
для свиней			
Калибровочные (280 шт.)	11,47 – 13,01	12,20	0,31
Независимые (42 шт.)	11,53 – 12,97	12,14	0,30
Всего (322 шт.)	11,47 – 13,01	12,19	0,31
для птицы			
Калибровочные (280 шт.)	9,55 – 10,79	10,14	0,25
Независимые (42 шт.)	9,60 – 10,76	10,09	0,24
Всего (322 шт.)	9,55 – 10,79	10,13	0,25

Образцы, подобранные генератором случайных чисел, использовали в качестве калибровочных. Оставшиеся образцы использовали как независимые при тестировании предсказательных моделей.

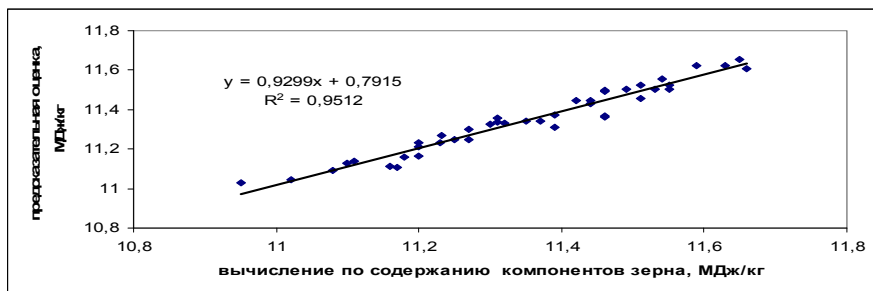
При расчете предсказательных моделей были использованы модифицированный метод наименьших квадратов и метод искусственных нейронных сетей. Параметры полученных при использовании этих методов предсказательных моделей незначительно различались между собой (таблица 2). При этом при расчете для крупного рогатого скота лучшим было использование метода наименьших квадратов, для овец, свиней и птицы – метода искусственных нейронных сетей.

Сравнительный анализ данных, полученных при определении содержания обменной энергии методом ближней инфракрасной спектроскопии, и рассчитанных по содержанию химических компонентов зерна ярового ячменя, выявил высокую степень соответствия полученных результатов (рисунок). По результатам тестирования полученных калибровок на независимых образцах стандартная ошибка определения SEP и коэффициент детерминации R² составили:

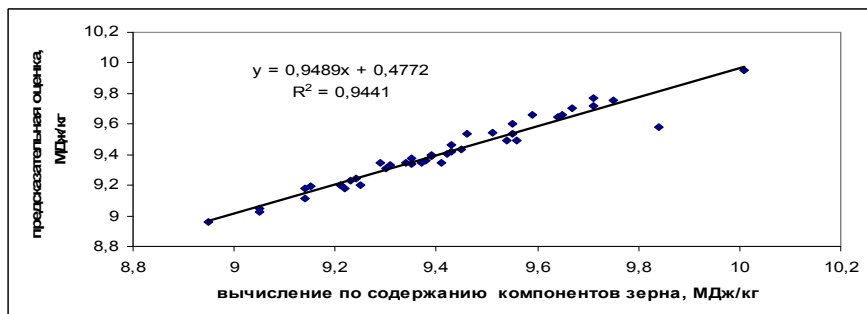
Таблица 2 – Характеристика предсказательных моделей содержания обменной энергии в образцах зерна ярового ячменя

Тип предсказательной модели	Характеристика предсказательных моделей			
	SEC	R ²	SECV	1-VR
для крупного рогатого скота				
Регрессионная модель	0,029	0,97	0,035	0,96
Искусственная нейронная сеть	0,053	0,92	0,043	0,95
для овец				
Регрессионная модель	0,022	0,99	0,030	0,98
Искусственная нейронная сеть	0,021	0,99	0,023	0,99
для свиней				
Регрессионная модель	0,033	0,98	0,042	0,98
Искусственная нейронная сеть	0,037	0,98	0,033	0,99
для птицы				
Регрессионная модель	0,023	0,99	0,031	0,98
Искусственная нейронная сеть	0,027	0,99	0,027	0,99

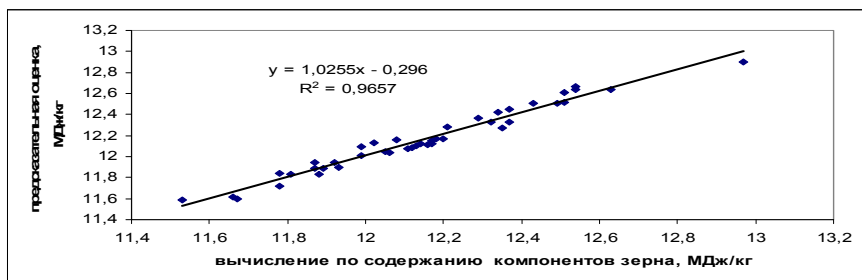
для крупного рогатого скота – 0,039 и 0,951; для овец – 0,053 и 0,944; для свиней – 0,059 и 0,966; для птицы – 0,039 и 0,973, соответственно.



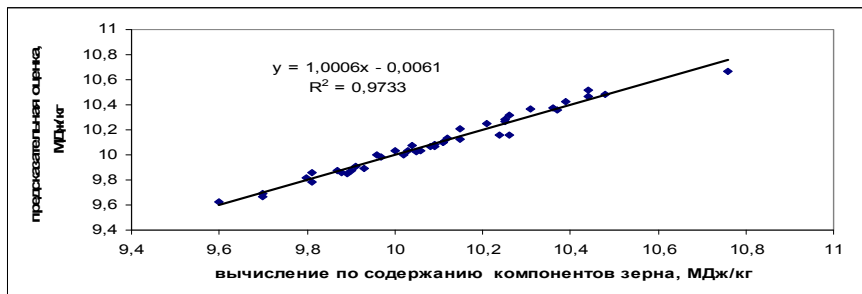
А



Б



В



Г

Рисунок 1 – Сравнение результатов определения содержания обменной энергии в зерне ярового ячменя для использования на корм крупного рогатого скота (А), овец (Б), свиней (В) и птицы (Г) с предсказательной оценкой на основе ближней инфракрасной спектроскопии

Максимальное расхождение предсказания от результатов, полученных методом расчета содержания обменной энергии по компонентам зерна, составило для крупного рогатого скота 0,09; для овец – 0,07; для свиней – 0,09; для птицы – 0,08 МДж/кг.

Заключение

На основе ближней инфракрасной спектроскопии разработаны предсказательные модели для оценки содержания обменной энергии в зерне ярового ячменя, используемого на корм крупного рогатого скота, овец, свиней и птицы. Разработанные модели характеризуются достаточно высокой степенью соответствия методу расчета обменной энергии по химическим компонентам зерна. Использование их позволит повысить эффективность энергетической оценки технологических приемов, а также сортов и сортообразцов при селекции ячменя с высокой кормовой ценностью зерна.

Литература

1. Рядчиков, В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебник / В.Г. Рядчиков. – Краснодар: КГАУ, 2014. – 616 с.
2. Крищенко, В.П. Ближняя инфракрасная спектроскопия / В.П. Крищенко – М.: КРОН-ПРЕСС, 1997. – 640 с.

3. Ячмень кормовой. Технические условия. ГОСТ Р 53900-2010. Введен 01.07.2011 г. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.

4. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области в режиме измерения спектров пропускания. ГОСТ Р 57543-2017. Введен 01.07.2018 г. – М.: Стандартинформ, 2017. – 10 с.

5. Берестов, И.И. Результаты определения содержания сырого жира в кормах на экс-тракционном устройстве SER 148/6 / И.И. Берестов, А.К. Петрович // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; ред. кол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2011. – Вып. 47. – С. 185-190.

6. Берестов, И.И. К методике определения сырой клетчатки в кормах на полуавтоматической системе FIWE 6 / И.И. Берестов, А.К. Петрович // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; ред. кол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2011. – Вып. 47. – С. 179-185.

7. Петербургский, А.В. Лабораторно-практические занятия для лаборантов агрохимлабораторий / А.В. Петербургский, В.П. Замота; учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1969. – 256 с.

IDENTIFICATION OF METABOLIC ENERGY CONTENT IN SPRING BARLEY GRAIN USING NEAR INFRARED SPECTROSCOPY

V.N. Bezludny, I.I. Berestov

Predictive models of metabolic energy content for cattle, sheep, pigs and poultry have been constructed in accordance with the spectrum of spring barley grain accessions in near infrared spectroscopy using the modified method of least squares and method of artificial neural network. The comparative evaluation of the obtained grading and results of its testing has been carried out. The conclusion on the possibility to use near infrared spectroscopy for identifying metabolic energy content in spring barley grain has been made.

УДК 631:581.5

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДА И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПЛОТНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ РАДИОНУКЛИДАМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОРМАТИВНО ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ ОЗИМОГО РАПСА

Г.В. Седукова, кандидат с.-х. наук, **С.А. Исаченко**
РНИУП предприятие «Институт радиологии», г. Гомель
(Поступила 06.03.2019)

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

Аннотация. *Определены закономерности изменения количественных параметров накопления радионуклидов в продукции озимого рапса в зависимости от агрохимических показателей почв разного генезиса. Установлены предельные плотности загрязнения радионуклидами дерново-подзолистых супесчаных и деградированных торфяных почв для размещения посевов озимого рапса и получения продукции, соответствующей нормативным требованиям.*

В настоящее время около 870 тыс. га земель, на которых ведется сельскохозяйственное производство, расположено на территории радиоактивного загрязнения с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs от 1 до 40 Ки/км², ^{90}Sr – от 0,15 до

3 Ки/км². Рациональное использования загрязненных почв и размещение посевов на них остается актуальным, несмотря на более чем 30-летний период после чернобыльской катастрофы.

Одной из наиболее широко возделываемых культур на территории радиоактивного загрязнения является озимый рапс. Для установления закономерностей изменения количественных параметров накопления радионуклидов в продукции озимого рапса в зависимости от агрохимических показателей почв нами проведены исследования, результаты которых представлены в статье.

Методы исследований. Для определения коэффициентов перехода (Кп) радионуклидов в производственных посевах озимого рапса производился отбор сопряженных почвенных и растительных образцов [1].

При отборе проб в полевых условиях спектрометром МКС-АТ6101ДР измерялась плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs. Плотность загрязнения почвы ⁹⁰Sr определялась в лабораторных условиях радиохимическим методом по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на аттестованном α-β счетчике Canberra-2400 [2].

Определение основных агрохимических показателей в пробах почвы осуществлялось по общепринятым методикам: содержание гумуса – по Тюрину в модификации ЦИНАО [3]; рН_{KCl} – потенциметрическим методом [4]; содержание подвижных форм фосфора и калия – по Кирсанову [5].

В исследуемых растительных образцах измерялась удельная активность ¹³⁷Cs (на γ-спектрометрическом комплексе Canberra) и ⁹⁰Sr (по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на аттестованном α-β счетчике Canberra-2400) [2]. При радиохимическом выделении ⁹⁰Sr аппаратная ошибка измерений не превышала 20%.

Расчетным путем определяли Кп радионуклидов в зеленую массу, масло-семена и солому озимого рапса и предельные плотности загрязнения дерново-подзолистых и деградированных торфяных почв, допустимые для производства продукции, соответствующей нормативным требованиям. Предельная плотность загрязнения почвы (кБк/м²) рассчитывалась по формуле:

$ППЗ = Ap/Kп/37$, где Ap – нормативное значение удельной активности радионуклида в продукции (Бк/кг) [6]; Кп – коэффициент перехода (Бк/кг : кБк/м²).

Результаты исследований. Среднее значение удельной активности ¹³⁷Cs в пахотном горизонте дерново-подзолистых почв при отборе сопряженных почвенных и растительных проб озимого рапса находилось на уровне 1000 Бк/кг, ⁹⁰Sr – 51,2 Бк/кг. При этом интервал варибельности значений находился в широком диапазоне: по ¹³⁷Cs – от 111 до 3545 Бк/кг, по ⁹⁰Sr – от 5,3 до 260 Бк/кг. На деградированных торфяных почвах среднее значение удельной активности ¹³⁷Cs составило 542,5 Бк/кг, ⁹⁰Sr – от 39,6 Бк/кг.

Согласно градации [7], дерново-подзолистые почвы характеризовались в среднем слабокислой реакцией среды (рН_{KCl} 5,9) при изменениях от сильно кислой (4,3) до нейтральной (7,0) по степени кислотности. По среднему уровню гумусированности почвы (2,2%) их можно отнести к группе среднеобеспеченных. При этом значения содержания гумуса варьировали от 1,26 до 4,37%. По

среднему содержанию подвижных форм фосфора (490 мг/кг почвы) почвы относятся к группе очень высокообеспеченных при изменениях от очень низкообеспеченных (47 мг/кг почвы) до очень высокообеспеченных (2500 мг/кг почвы). По среднему содержанию обменных форм калия дерново-подзолистые почвы относятся к группе с повышенным содержанием данного элемента (278 мг/кг почвы). При этом минимальное содержание составляло 25 мг/кг почвы, а максимальное – 940 мг/кг почвы.

Деградированные торфяные почвы относились в среднем к группе с близкой к нейтральной реакцией среды ($pH_{КС1}$ 5,8), повышенным содержанием (612 мг/кг почвы) фосфора и низким (325 мг/кг почвы) калия.

Широкий диапазон вариабельности агрохимических показателей позволил выявить закономерности изменения количественных параметров накопления радионуклидов в продукции озимого рапса при его возделывании на почвах разного генезиса. Значительное влияние на $Kп^{137}Cs$ в продукцию озимого рапса оказывало содержание в почве обменных форм калия. Установлены уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь между содержанием в почве K_2O и $Kп^{137}Cs$ в разные виды продукции культуры (таблица 1).

Таблица 1 – Уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь между содержанием в почве K_2O и $Kп^{137}Cs$ в продукцию озимого рапса

Вид продукции	Дерново-подзолистая супесчаная почва		Деградированная торфяная почва	
	Уравнение	r	Уравнение	r
Зеленая масса	$Y = -4 \cdot 10^{-5}x + 0,0350$	0,81	$Y = -2 \cdot 10^{-5}x + 0,0157$	0,98
Маслосемена	$Y = -6 \cdot 10^{-5}x + 0,0557$	0,76	$Y = -5 \cdot 10^{-5}x + 0,0417$	0,62
Солома	$Y = -3 \cdot 10^{-5}x + 0,0565$	0,52	$Y = -7 \cdot 10^{-5}x + 0,0650$	0,73

По мере перехода дерново-подзолистых супесчаных почв от группы с очень низким содержанием K_2O в группу с очень высоким содержанием данного элемента питания, $Kп^{137}Cs$ в зеленую массу уменьшалось с 0,032 до 0,021 Бк/кг:кБк/м². Для почв, относящихся к группе с очень низким содержанием K_2O (менее 80 мг/кг), значение $Kп^{137}Cs$ в маслосеменах составляло 0,051 Бк/кг:кБк/м², тогда как в группе с очень высоким содержанием калия (более 300 мг/кг), оно уменьшалось почти в 1,5 раза (до 0,035 Бк/кг:кБк/м²). Значение $Kп^{137}Cs$ в солому озимого рапса, выращенного на очень низкообеспеченной K_2O почве, составляет 0,054 Бк/кг:кБк/м² при уровне обеспеченности дерново-подзолистых почв обменным калием 141-200 мг/кг – до 0,051 Бк/кг:кБк/м² и 300 мг/кг – до 0,046 Бк/кг:кБк/м².

Не установлено существенного влияния содержания гумуса на $Kп^{137}Cs$ в продукцию озимого рапса. Коэффициент корреляции (r), описывающий силу связи между данными показателями, изменялся в пределах 0,05-0,4. Сила связи между содержанием в почве подвижных форм фосфора и $Kп^{137}Cs$ в продукцию озимого рапса характеризовалась $r=0,12-0,24$.

$Kп^{137}Cs$ в зеленую массу озимого рапса, выращенного на деградированной торфяной почве, изменялся от 0,011 Бк/кг:кБк/м² при содержании K_2O более

300 мг/кг до 0,014 Бк/кг:кБк/м² при содержании К₂О менее 80 мг/кг. На почвах с очень низким содержанием К₂О, значение Кп ¹³⁷Cs в маслосемена озимого рапса равно 0,038 Бк/кг:кБк/м², на почвах с очень высоким содержанием данного элемента – 0,024 Бк/кг:кБк/м². Значение Кп ¹³⁷Cs в солому озимого рапса, выращенного на очень низкообеспеченной К₂О деградированной торфяной почве, составляло 0,059 Бк/кг:кБк/м². Увеличение уровня обеспеченности обменным калием до 141-200 мг/кг уменьшало Кп ¹³⁷Cs до 0,053 Бк/кг:кБк/м². Дальнейшее повышение содержания К₂О до уровня более 300 мг/кг способствовало снижению Кп ¹³⁷Cs до 0,040 Бк/кг:кБк/м².

На Кп ⁹⁰Sr в продукцию рапса большое влияние оказывала обменная кислотность почвы. В таблице 2 представлены уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь между значением обменной кислотности почвы и Кп ⁹⁰Sr в разные виды продукции культуры.

Таблица 2 – Уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь между обменной кислотностью почвы и Кп ⁹⁰Sr в продукцию озимого рапса

Вид продукции	Дерново-подзолистая супесчаная почва		Деградированная торфяная почва	
	Уравнение	r	Уравнение	r
Зеленая масса	Y=-1,13x+10,34	r=0.59	Y=-0,26x+3,1533	r=0.54
Маслосемена	Y=-2,0x+16,74	r=0.66	Y=-0,99x+9,6637	r=0.69
Солома	Y=-2,02x+22,87	r=0.74	Y=-0,73x+15,1	r=0.41

Установлено, что по мере снижения кислотности дерново-подзолистых почв от сильнокислой до нейтральной, Кп ⁹⁰Sr в зеленую массу рапса уменьшался в 1,8 раза (с 5,3 до 2,92 Бк/кг:кБк/м²), в маслосемена – в 2,1 раза (с 7,54 до 3,64 Бк/кг:кБк/м²), в солому (с 13,9 до 9,67 Бк/кг:кБк/м²).

Определенное влияние на Кп ⁹⁰Sr в продукцию озимого рапса оказывало и содержание в почве гумуса, сила связи между данными показателями характеризовалась коэффициентами корреляции 0,18-0,36. Также незначительное влияние на Кп ⁹⁰Sr в продукцию озимого рапса отмечено и содержания подвижных форм фосфора. Коэффициент корреляции не превысил 0,28.

Кп ⁹⁰Sr в зеленую массу озимого рапса, выращенного на деградированной торфяной почве, изменялось от 1,48 Бк/кг:кБк/м² при нейтральной реакции почвенного раствора до 2,02 Бк/кг:кБк/м² при очень кислой почве. На почвах, относящихся к группе с сильнокислой реакцией, значение Кп ⁹⁰Sr в маслосемена составляло 5,57 Бк/кг:кБк/м², тогда как в группе с нейтральной степенью кислотности – до 3,20 Бк/кг:кБк/м². Значение Кп ⁹⁰Sr в солому озимого рапса, выращенного на очень кислой деградированной торфяной почве, было равно 11,84 Бк/кг:кБк/м². Снижение кислотности до слабокислой или близкой к нейтральной степени уменьшило его до 11,21 Бк/кг:кБк/м², до нейтрального уровня – до 10,3 Бк/кг:кБк/м².

Для установления зон риска получения продукции озимого рапса, не соответствующей нормативным показателям по содержанию радионуклидов, рассчитаны предельные плотности загрязнения почв ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Установлено, что

для получения продукции озимого рапса, соответствующей требованиям Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов в различных видах кормов (РДУ) по содержанию ^{137}Cs [6], пригодны все почвы с плотностью загрязнения менее 1480 кБк/м^2 (40 Ки/км^2). Также отсутствуют ограничения по плотности загрязнения почв ^{137}Cs для получения маслосемян культуры, в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза 015/2011 «О безопасности зерна» [8], при уровне обеспеченности K_2O дерново-подзолистой почвы свыше 200 мг/кг (таблица 3).

Таблица 3 – Предельные плотности загрязнения ^{137}Cs дерново-подзолистых супесчаных почв (кБк/м^2 (Ки/км^2), допустимое для размещения посевов озимого рапса на почвах с разным содержанием калия

Вид продукции	Содержание K_2O , мг/кг почвы				
	<80	80-140	141-200	201-300	>300
ТР ТС 015/2011					
Маслосемена	1176 (32)	1224 (33)	1333 (36)	ограничений нет	

Для гарантированного производства продукции озимого рапса, соответствующей нормативным требованиям по содержанию ^{90}Sr , рекомендуется посевы культуры размещать на почвах с уровнем радиоактивного загрязнения ниже предельных значений, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Предельные плотности загрязнения почв ^{90}Sr (кБк/м^2 (Ки/км^2) для размещения посевов озимого рапса на почвах с разной степенью кислотности

Вид продукции	Кислотность почвы, pH_{KCl}				
	<4,5	4,5-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-7,0
дерново-подзолистые супесчаные почвы					
РДУ [4]					
Зеленая масса	6,98 (0,19)	7,55 (0,20)	8,55 (0,23)	9,81 (0,27)	12,67 (0,34)
Маслосемена (зерно)	12,76 (0,34)	14,01 (0,38)	16,29 (0,44)	19,46 (0,53)	27,47 (0,74)
Солома	13,31 (0,36)	14,03 (0,38)	15,18 (0,41)	16,55 (0,45)	19,13 (0,52)
ТР ТС 015/2011 [5]					
Маслосемена (зерно)	1,40 (0,04)	1,54 (0,04)	1,79 (0,05)	2,14 (0,06)	3,02 (0,08)
деградированные торфяные почвы					
РДУ					
Зеленая масса	18,32 (0,50)	19,17 (0,52)	20,56 (0,56)	22,16 (0,60)	25 (0,68)
Маслосемена (зерно)	18,98 (0,51)	20,33 (0,55)	22,57 (0,61)	25,38 (0,69)	31,25 (0,84)
Солома	15,63 (0,42)	15,98 (0,43)	16,50 (0,45)	17,05 (0,46)	17,96 (0,49)
ТР ТС 015/2011					
Маслосемена (зерно)	2,09 (0,06)	2,24 (0,06)	2,48 (0,07)	2,79 (0,08)	3,44 (0,09)

Для производства зеленой массы озимого рапса, соответствующей допустимому уровню содержания ^{90}Sr (менее 37 Бк/кг), пригодны дерново-подзолистые почвы с плотностью загрязнения радионуклидом менее

0,34 Ки/км² и реакцией почвенной среды, близкой к нейтральной и нейтральной. На почвах с более кислой реакцией среды ограничения по плотности загрязнения ужесточаются до 0,19 Ки/км².

На всей территории радиоактивного загрязнения производство нормативно чистых маслосемян в соответствии с ТР ТС 015/2011 по содержанию ⁹⁰Sr не представляется возможным. Это обусловлено тем, что предельная плотность загрязнения почв ⁹⁰Sr в данном случае значительно ниже минимального значения, при котором происходит отнесение к территории радиоактивного загрязнения.

Выводы

1. Наибольшее влияние на Кп ¹³⁷Cs в продукцию озимого рапса оказывает содержание в почве обменных форм К₂O. При изменении содержания в дерново-подзолистых супесчаных почвах К₂O от очень низкого до очень высокого Кп ¹³⁷Cs в зеленую массу уменьшается с 0,032 до 0,021 Бк/кг:кБк/м², в маслосемена – с 0,051 до 0,035 Бк/кг:кБк/м², в солому – с 0,054 Бк/кг:кБк/м² до 0,046 Бк/кг:кБк/м². Кп ¹³⁷Cs в зеленую массу озимого рапса, выращенного на деградированной торфяной почве, изменяется по мере увеличения содержания К₂O от 0,014 до 0,011 Бк/кг:кБк/м², в маслосемена – от 0,038 до 0,024 Бк/кг:кБк/м², в солому – от 0,059 до 0,040 Бк/кг:кБк/м².

2. На Кп ⁹⁰Sr значительное влияние оказывает обменная кислотность почвы. По мере перехода дерново-подзолистых почв из группы с сильнокислой реакцией среды в группу с нейтральной реакцией среды Кп ⁹⁰Sr в зеленую массу уменьшается с 5,3 до 2,92 Бк/кг:кБк/м², в маслосемена – с 7,54 до 3,64 Бк/кг:кБк/м², в солому – с 13,9 до 9,67 Бк/кг:кБк/м². Кп ⁹⁰Sr в зеленую массу озимого рапса, выращенного на деградированной торфяной почве, при изменении реакции почвенной среды от кислой до нейтральной, уменьшается с 2,02 до 1,48 Бк/кг:кБк/м², в маслосемена – с 5,57 до 3,20 Бк/кг:кБк/м², в солому – с 11,84 Бк/кг:кБк/м² до 10,3 к/кг:кБк/м².

3. Отсутствуют ограничения по плотности загрязнения почв ¹³⁷Cs для получения продукции озимого рапса, соответствующей требованиям РДУ, и также по плотности загрязнения почв данным радионуклидом для получения маслосемян рапса, соответствующих требованиям технического регламента Таможенного союза 015/2011 «О безопасности зерна», при уровне обеспеченности К₂O дерново-подзолистой почвы свыше 200 мг/кг. Для производства зеленой массы озимого рапса, соответствующей РДУ, пригодны дерново-подзолистые почвы с плотностью загрязнения ⁹⁰Sr менее 0,34 Ки/км² и реакцией почвенной среды, близкой к нейтральной и нейтральной. На почвах с более кислой реакцией среды ограничения по плотности загрязнения ужесточаются до 0,19 Ки/км².

4. На всей территории радиоактивного загрязнения производство нормативно чистых маслосемян в соответствии с ТР ТС 015/2011 по содержанию ⁹⁰Sr не представляется возможным.

Литература

1. Почвы. Отбор проб : ГОСТ 28168–89. – введ. 01.04.1990. – Москва : Издательство стандартов, 1989. – 6 с.
2. Методические указания по определению ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах и растениях / А.В. Кузнецов [и др.]. – М.: ЦИНАО, 1985. – 64 с.
3. ГОСТ 26212–91. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО. – 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.
6. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы / Н.Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2012. – 121 с.
7. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
8. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gost.ru> – Дата доступа: 27.02.2019.

INFLUENCE OF NUTRITIONAL CHARACTERISTICS ON THE TRANSFORMATION PARAMETERS AND MAXIMUM DENSITY OF SOIL RADIONUCLIDE CONTAMINATION FOR PRODUCTION OF REGULATORY PURE WINTER RAPE PRODUCTS ON THE RADIOACTIVE CONTAMINATION TERRITORY

G.V. Sedukova, S.A. Isachenko

Identified are the regularities of changes in the quantitative parameters of radionuclide accumulation in winter rape products depending on soil nutritional characteristics of different genesis. Established is the maximum density of radionuclide contamination of sod-podzolic sandy-loamy and degraded peat soils for seeding winter rape and obtaining products that meet regulatory requirements.

УДК 633.174.1+633.282.(571.63)

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ БИНАРНЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ОСНОВЕ ЛЮЦЕРНЫ И ФЕСТУЛОЛИУМА

Клыга Е.Р., кандидат с.-х. наук, ***Васько П.П.***, кандидат биол. наук, доцент
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино
(Поступила 16.04.2019)

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

Аннотация. В статье проанализированы бинарные травосмеси из фестулолиума и люцерны. Сообщаются результаты влияния норм высева компонентов на продуктивность травостоев за 2016–2018гг. Установлено, что при конструировании бинарных агрофитоценозов с участием фестулолиума и люцерны нормой высева семян следует регулировать их продукционный процесс. Величина достоверности ($R^2=0,94-0,99$) свидетельствует о сильной степени зависимости величины урожайности от норм высева компонентов.

Введение. Современное кормопроизводство требует производства качественных и энергонасыщенных травяных кормов, сбалансированных по сахаро-протеиновому соотношению. В связи с этим поиск научно обоснованного способа создания бобово-злаковых агроценозов на основе интенсивных видов многолетних трав, более полно использующих биоклиматические условия и средства интенсификации при их возделывании, является актуальной задачей. Традиционные виды злаковых трав, возделываемые на территории нашей республики (ежа сборная, тимофеевка луговая), характеризуются более низкими качественными показателями, чем перспективные интенсивные злаки, одним из которых является фестулолиум [1, 6]. Фестулолиум – новый вид многолетней злаковой травы, полученный в результате скрещивания растений рода *Festuca* и рода *Lolium*, характеризующийся способностью к интенсивному отрастанию от райграсов и устойчивостью к неблагоприятным факторам от овсяниц. Взаимодополняемость характеристик райграсов и овсяниц позволяет исправить имеющиеся недостатки с помощью гибридизации путем передачи полезных признаков от одного вида другому [2].

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 [3]. Кроме этого, возделывание люцерны в составе травосмесей снижает потребность в азотных удобрениях и способствует улучшению почвенного плодородия [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 2016-2018 гг. в полевых условиях на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, подстилаемой на глубине 50-70 см песками, со следующей агрохимической характеристикой: 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:

Фестулолиум – 6,0 млн/га семян,

Люцерна – 6,0 млн/га семян,

Фестулолиум + люцерна – 6 + 9 млн/га семян,

Фестулолиум + люцерна – 3 + 9 млн/га семян,

Фестулолиум + люцерна – 3 + 6 млн/га семян,

Фестулолиум + люцерна – 3 + 3 млн/га семян соответственно.

Учет урожая проводили кормоуборочным комбайном «Неге 212» в фазу бутонизации люцерны. Исследования проводили согласно «Методике опытов на сенокосах и пастбищах» [4].

Минеральные удобрения вносили в год посева (2016) под предпосевную культивацию в дозе P_{60} , K_{90} кг/га д.в. Азотные удобрения применяли по следующей схеме:

1. N_0 – контроль,
2. N_{30} – в начале вегетации и в период формирования каждого последующего укоса,
3. N_{60} – 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.

Результаты и их обсуждение. Метеорологические условия во второй половине вегетационного периода 2016 г. характеризовались засушливыми условиями. Вегетационный период 2017 г. проходил при прохладной погоде с недостатком осадков в мае, засушливыми условиями в июне и высокими температурами воздуха с регулярными осадками во второй половине вегетации. Высокая интенсивность ростовых процессов многолетних трав весной 2018 г. обусловлена теплыми погодными условиями. Формирование травостоев 2 и 3 укосов проходило в условиях дефицита влаги, (влажность почвы составляла 6,9-6,5%).

Формирование урожайности надземной биомассы. Травостои фестулолиума с люцерной в год посева (2016 г.) формировали 1 укос в конце августа – сентябре в засушливый период вегетации, осадков совсем не выпадало. Урожайность зеленой массы травостоев фестулолиума в чистом виде на фоне N_0 составила 50,8 ц/га, внесение N_{30} способствовало повышению урожайности зеленой массы в 1,8 раза, а N_{60} – в 2,3 раза, что составило 90,0 и 116,2 ц/га соответственно (таблица 1).

Травостои люцерны сформировали урожайность зеленой массы 109,2-112,0 ц/га. В жестких условиях засухи люцерна практически не реагировала на внесение азотных удобрений. Бинарные травосмеси также имели слабую отзывчивость на азот. Урожайность зеленой массы на фоне без азотных удобрений составила 85,0-93,0 ц/га и увеличилась до 97,0-113,0 ц/га на фоне N_{60} , при этом доля люцерны в урожае составляла 20,7-28,2%.

Густота травостоя формируется в период осеннего кушения. В 2016 г. в осенний период наблюдалась жесткая засуха, что сказалось на интенсивности закладки генеративных точек роста. Весной 2017 г. травостои фестулолиума и люцерны были слабо раскустившимися, и травостои 1 укоса сформировали урожайность зеленой массы без внесения азотных удобрений на уровне 117,0 ц/га, а травостои люцерны – 172,2 ц/га. При внесении азотных удобрений в дозе N_{90} урожайность фестулолиума составила 178,4 ц/га, при N_{60} – 261,0 ц/га. Суммарная за 3 укоса урожайность зеленой массы фестулолиума составила 222,4 ц/га на фоне N_0 , возрастая до 304,4 ц/га на фоне N_{90} и до 435,6 ц/га на фоне N_{180} . Урожайность люцерны составила 511,2; 528,8 и 551,8 ц/га соответственно.

Суммарная урожайность бинарных травостоев при норме высева компонентов 3 + 3 млн/га на фоне N_0 составила 465,0 ц/га, увеличиваясь до 489,2 и

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	
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
	N ₆₀	113,0	110,4	99,0	97,0	112,0	116,2
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
	N ₁₈₀	559,0	585,0	605,6	584,2	551,8	435,6
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
	N ₁₈₀	546,6	565,6	563,8	533,2	518,6	431,6
Среднее за 2017-2018 гг.	N ₀	447,3	483,2	484,9	436,8	482,2	233,6
	N ₉₀	504,2	517,7	520,8	481,6	505,0	313,5
	N ₁₈₀	552,8	575,3	584,7	558,7	535,2	433,6

НСР₀₅

Ф1/Ф2

Фактор 1-состав травосмеси/ фактор 2 – доза азота 11,98/8,47

584,2 ц/га при дозе азота N₁₈₀. Увеличение нормы высева люцерны до 6 млн/га семян (травосмесь фестулолиум 3 млн + люцерна 6 млн) способствует существенному повышению урожайности зеленой массы до 512,8 ц/га (фон N₀) и до 605,6 ц/га (фон N₁₈₀). Дальнейшее увеличение нормы высева люцерны до 9 млн/га семян (травосмесь фестулолиум 3 млн + люцерна 9 млн) не обеспечивает повышения урожайности зеленой массы, даже наблюдалась тенденция к ее снижению (503,5 ц/га). Увеличение нормы высева люцерны до 9 млн и фестулолиума до 6 млн/га семян приводит к существенному уменьшению урожайности зеленой массы (448,2 ц/га). Снижение уровня урожайности зеленой массы в загущенных посевах фестулолиума с люцерной в засушливых условиях происходит из-за высокой конкурентоспособности фестулолиума, недостатка влаги в почве и, соответственно, – снижения фотосинтетической деятельности растений. Аналогичная закономерность формирования урожайности зеленой массы травостоев фестулолиума и люцерны с различными нормами высева наблюдается при внесении азота в дозе N₉₀ и N₁₈₀ кг/га.

Высокая интенсивность ростовых процессов многолетних трав весной 2018 г. обусловлена теплыми погодными условиями. При сенокосном режиме использования злаковыми травами в чистом виде на 24 мая сформирована урожайность зеленой массы на уровне 142,4 ц/га на фоне без внесения азотных удобрений, 184,4 ц/га на фоне N₉₀ и 255,8 ц/га на фоне N₁₈₀. Однако формирование травостоев 2 и 3 укосов проходило в условиях дефицита влаги (влажность почвы составляла 6,9-6,5%). В сумме за вегетацию 2018 г. была сформирована урожайность зеленой массы несколько ниже относительно вегетации 2017 г. Урожайность зеленой массы травостоев фестулолиума с люцерной при норме

высева 3 млн +3 млн/га семян составила за вегетацию 2018 г. 408,6 ц/га. Внесение азота в дозе N_{90} обеспечивало повышение урожайности зеленой массы до 474,0 ц/га, а в дозе N_{180} – до 533,2 ц/га.

Увеличение нормы высева люцерны до 6 млн в травосмеси (3 млн фестулолиум + 6 млн люцерны) способствовало формированию более плотного ценоза и более высокой урожайности зеленой массы – 457,0 ц/га. Увеличение нормы высева люцерны до 9 млн/га семян (травосмесь 3 млн + 9 млн) не вызывало существенного повышения урожайности зеленой массы (463,4 ц/га).

Урожайность зеленой массы травосмеси с нормой высева фестулолиума 6 млн + 9 млн люцерны была существенно ниже (446,4 ц/га) из-за дефицита влаги в почве и снижения фотосинтетической деятельности загущенного посева.

Аналогичная закономерность наблюдалась при формировании урожайности зеленой массы при внесении азотных удобрений в дозах N_{90} и N_{180} кг/га. Увеличение нормы высева люцерны с 3 млн до 6 млн/га семян обеспечивает повышение урожайности зеленой массы, дальнейшее увеличение нормы высева до 9 млн/га семян не привело к существенному повышению урожайности зеленой массы (таблица 1).

Максимальная урожайность надземной биомассы формировалась при нормах высева фестулолиума и люцерны 3 + 6 и 3 + 9 млн/га соответственно, а внесение азотных удобрений в дозе N_{60} под каждый укос способствовало увеличению уровня урожайности в 1,2-1,3 раза. Так, при норме высева 3 + 6 и 3 + 9 млн/га семян урожайность составила 457,0 и 463,4 ц/га зеленой массы на фоне N_0 , возрастая до 504,4 и 520,4 ц/га на фоне N_{90} и до 563,8 и 565,6 ц/га на фоне N_{180} соответственно.

В среднем за 2017-2018 гг. возделывания травостой фестулолиума в чистом виде сформировали 233,6 ц/га зеленой массы на фоне без азотного питания, 313,5 ц/га на фоне N_{30} (в 1,3 раза больше) и 433,6 ц/га на фоне N_{60} под каждый укос (в 1,9 раза больше). Наименьшую эффективность азотные удобрения имели в период формирования 2-го и 3-го укоса в 2018 г., в данный период влажность почвы на глубине пахотного горизонта составляла лишь 5,9-6,7%.

Возделывание люцерны позволило получить от 482,2 ц/га на фоне N_0 до 535,2 ц/га зеленой массы на фоне N_{60} под каждый укос. При этом урожайность травостоев люцерны в 2018 г. (2-й год пользования травостоем) была несколько ниже относительно 2017 г. в связи с дефицитом почвенной влаги.

Урожайность бинарных травостоев фестулолиума и люцерны при различном их сочетании без азотного питания составила 436,8 (3 + 3 млн/га) – 484,9 (3 + 6 млн/га) ц/га зеленой массы, снижаясь до 447,3 ц/га при норме высева 6 + 9 млн/га соответственно. На фоне N_{90} за вегетацию при норме высева 3+3 млн/га было сформировано 481,6 ц/га зеленой массы, максимальная урожайность сформирована при норме 3 + 6 млн/га – 520,8 ц/га. При внесении N_{180} за вегетацию максимальная урожайность также сформирована при норме высева 3 + 6 млн/га – 584,7 ц/га, а с увеличением нормы высева компонентов уровень урожайности снизился до 552,8 ц/га.

На рисунке 1 представлен ход формирования урожая зеленой массы травосмесей фестулолиума с люцерной в среднем за 2017-2018 гг.

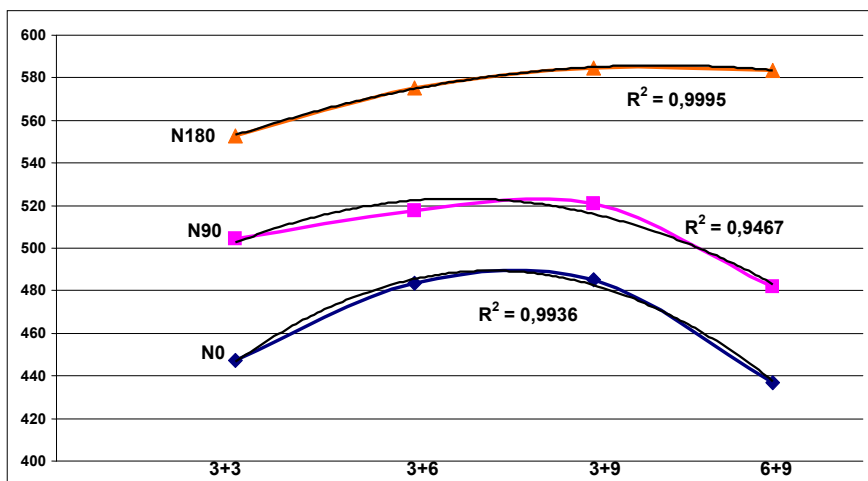


Рисунок 1 – Формирование урожайности зеленой массы бинарными травостоями фестулолиума и люцерны, ц/га (среднее за 2017-2018 гг.)

Кривые хода формирования урожайности зеленой массы травосмесями фестулолиума с люцерной свидетельствуют о том, что с увеличением нормы высева люцерны с 3 млн до 6 млн/га семян существенно повышается урожайность зеленой массы, при дальнейшем увеличении нормы высева до 9 млн/га семян кривая выходит на плато, т.е. урожайность зеленой массы существенно не изменяется. Повышение нормы высева семян фестулолиума до 6 млн и люцерны до 9 млн вызывает значительное снижение урожайности зеленой массы на фоне N_0 и N_{30} под каждый укос. На фоне N_{60} снижение урожайности наблюдается в меньшей степени, т.е. кривая остается на плато.

Величина достоверности ($R^2=0,94-0,99$) свидетельствует о сильной степени зависимости величины урожайности от нормы высева компонентов бинарной травосмеси. Следовательно, норма высева компонентов бинарной травосмеси фестулолиума с люцерной с учетом уровня минерального питания могут служить инструментом, регулирующим продукционный процесс агрофитоценоза.

Ботанический состав травосмесей. Ботанический состав характеризует конкурентоспособность составляющих травостой компонентов, определяет их долголетие и качество получаемого корма.

В изучаемых нами травосмесях в 1-й год жизни долевое участие люцерны в чистом виде не зависело от дозы азотных удобрений и составляло 91,1-93,8%, остальная часть ботанического состава была представлена разнотравьем (таблица 2). В смеси с фестулолиумом, обладающим активной кустистостью при благоприятных условиях роста и развития, доля люцерны составляла 26,3-28,2% при норме высева 3 + 3 млн/га семян и снижалась до 20,7-23,1% при увеличении нормы высева семян фестулолиума и люцерны до 6 + 9 млн/га соответственно.

Таблица 2 – Долевое участие люцерны в изучаемых травосмесях, %

Год пользования травостоем	Доза азотных удобрений, кг/га д.в.	Норма высева, млн/га				
		Фестулолиум + люцерна				Люцерна
		6 + 9	3 + 9	3 + 6	3 + 3	
2016 (год посева)	N ₀	23,0	23,6	24,9	26,3	91,1
	N ₃₀	23,1	24,4	27,4	28,2	93,8
	N ₆₀	20,7	21,2	23,0	25,0	92,7
2017 (1-й год пользования)	N ₀	58,8	56,0	54,3	42,8	94,3
	N ₉₀	60,6	57,4	55,3	43,1	93,6
	N ₁₈₀	59,8	56,6	55,66	43,1	94,4
2018 (2-й год пользования)	N ₀	63,0	60,6	62,9	56,5	93,6
	N ₉₀	63,0	62,1	63,33	58,4	95,4
	N ₁₈₀	62,2	62,2	63,1	58,1	94,9

Прохладная погода в мае на фоне недостаточного количества осадков в весенний период 2017 г. не способствовали активному отрастанию люцерны. После выхода из зимовки долевое участие люцерны в 1-м укосе на фоне без азотного питания составило 31,3% (3 млн + 3 млн/га) и достигало 38,6% при норме высева травосмеси (3 млн + 9 млн/га).

Травостои 2 и 3 укосов формировались в засушливых условиях и, вследствие этого, мощная стержневая корневая система люцерны обеспечивала преимущество перед фестулолиумом с мочковатой корневой системой. Доля люцерны в урожае 2 укоса составляла от 43,6 до 52,6%, а в 3 укосе – 53,4 до 86,4% в зависимости от нормы высева семян.

Внесение азотных удобрений в слабой степени влияло на участие люцерны в травостое (3 млн + 3 млн) – 31,3% на фоне N₀, 30,6% на фоне N₉₀ и 31,5% на фоне N₁₈₀, а при норме высева (6 млн + 9 млн/га семян) доля люцерны составляла соответственно 37,4%, 38,0% и 37,5%.

Аналогичная закономерность наблюдалась при формировании урожая травостоями фестулолиума с люцерной в 2018 г. Средневзвешенная доля люцерны возрастает при увеличении нормы высева с 56,5% до 63,0% на фоне N₀, с 58,4% до 63,0 на фоне N₉₀, и с 58,1% до 62,2% на фоне N₁₈₀.

Сбор сырого протеина. Зеленая масса фестулолиума – корм хорошего качества, удовлетворяющий потребности молочного скота, а совместное возделывание фестулолиума с люцерной помогает решать белковую проблему в кормопроизводстве.

В 2017 г. (1-й год пользования) в сумме за три укоса на фоне без азотного питания травостоями фестулолиума в чистом виде было сформировано лишь 6,4 ц/га сырого протеина. Внесение N₃₀ под каждый укос позволило увеличить сбор белка в 1,5 раза – 9,9 ц/га, а внесение N₆₀ под каждый укос – в 2,5 раза (таблица 3).

Следовательно, сбор сырого протеина при внесении N₆₀ под каждый укос травостоев фестулолиума в чистом виде (N₁₈₀ за вегетацию) составил 15,7 ц/га,

Таблица 3 – Сбор сырого протеина, ц/га

Год пользования травостоем	Доза азотных удобрений, кг/га д.в.	Норма высева, млн/га					
		Фестулолиум + люцерна				Люцерна	Фестулолиум
		6 + 9	3 + 9	3 + 6	3 + 3	6,0	
2017 г. (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
	N ₁₈₀	20,6	21,3	21,7	19,1	24,4	15,7
2018 г. (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
	N ₁₈₀	21,4	22,4	22,5	21,9	21,7	14,8

а сбор протеина при возделывании люцерны в чистом виде без внесения азота – 21,5 ц/га. Травостои люцерны менее отзывчивы на азотное питание. При внесении N₃₀ под каждый укос суммарный сбор протеина составил 23,3 ц/га, а при внесении N₆₀ увеличился лишь на 1,1 ц/га и составил 24,4 ц/га.

В 2017 г. валовой сбор сырого протеина при норме высева 3 млн + 3 млн на фоне N₀ составил 16,0 ц/га, увеличение нормы высева люцерны до 6 млн (вариант 3 млн + 6 млн) обеспечивает валовой сбор сырого протеина до 17,3 ц/га, на фоне N₉₀ – с 16,9 до 19,5 ц/га, на фоне N₁₈₀ – с 19,1 до 21,7 ц/га. Дальнейшее увеличение нормы высева семян люцерны до 9 млн/га семян не повышает валовой сбор сырого протеина (таблица 3).

Аналогичная закономерность по выходу сырого протеина с 1 га наблюдалась и в 2018 г. Оптимальной нормой высева люцерны является 6 млн/га семян, которая обеспечивает максимальный уровень урожайности зеленой массы и валовой сбор сырого протеина.

Таким образом, бинарная травосмесь фестулолиум + люцерна даже на фоне без азотного питания по сбору сырого протеина превосходит травостои фестулолиума при внесении N₆₀ под каждый укос. При возделывании без внесения минерального азота бинарной травосмеси фестулолиума с люцерной для получения 17,3-17,9 ц/га сырого протеина достаточно высевать 3,0 млн. всхожих семян фестулолиума и 6,0 млн. всхожих семян люцерны. При внесении за период вегетации 90 кг д.в. азотных удобрений валовой сбор сырого протеина увеличивается до 19,5-20,9 ц/га, а на фоне N₁₈₀ кг/га – до 21,7-22,5 ц/га при оптимальной норме высева компонентов 3 + 6 млн/га соответственно.

Правильный выбор видов и сортов многолетних трав также является условием получения высокоурожайных травостоев с хорошим качеством корма. В наших исследованиях доля влияния фактора «состав травосмеси» на величину урожая составила 61,6%, а фактора «доза азотных удобрений» – лишь 28,5%.

Выводы

1. При конструировании бинарных агрофитоценозов с участием фестулолиума и люцерны нормой высева семян следует регулировать их продукцион-

ный процесс. Величина достоверности ($R^2=0,94-0,99$) свидетельствует о сильной степени зависимости величины урожайности от нормы высева компонентов.

2. Оптимальной нормой высева, обеспечившей в среднем за 3 года использования продуктивность 484,9 ц/га зеленой массы на фоне без внесения минерального азота и 520,8 ц/га на фоне N_{90} , является 3,0 млн/га семян фестулолиума и 6,0 млн/га семян люцерны. Дальнейшее увеличение нормы высева семян до 3 + 9 млн/га соответственно не обеспечивает достоверной прибавки урожайности.

3. Внесение азотных удобрений в слабой степени влияло на участие люцерны в травостое (3 млн + 3 млн) – 31,3% на фоне N_0 , 30,6% на фоне N_{90} и 31,5% на фоне N_{180} , а при норме высева (6 млн + 9 млн/га семян) доля люцерны составляла соответственно 37,4%, 38,0% и 37,5%.

4. Наибольший валовой сбор сырого протеина формируется бинарными травосмесями фестулолиума с люцерной при норме высева 3 млн + 6 млн/га семян – на фоне без внесения минерального азота 17,9 ц/га, а на фоне N_{180} – 22,5 ц/га.

5. Бинарная травосмесь фестулолиум + люцерна даже на фоне без азотного питания по сбору сырого протеина превосходит травостой фестулолиума при внесении N_{60} под каждый укос.

Литература

1. Васько, П.П. Комбинированное использование травостоев на основе костреча и фестулолиума / П.П. Васько [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, РУП «НПЦ по земледелию» ; под науч. ред. Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск, 2018. – С. 209–214.
2. Клыга, Е.Р. Фестулолиум: агробиологические аспекты возделывания / Е.Р. Клыга, П.П. Васько. – Минск: «ИВЦ Минфина», 2016. – 68 с.
3. Лазарев, Н.Н. Урожайность люцерны изменчивой (*Medicago varia*) в одновидовых посевах и травосмесях с бобовыми и злаковыми травами / Н.Н. Лазарев, А.М. Стародубцева, Д.В. Пятинский // Кормопроизводство. – 2013. – № 11. – С. 10-12.
4. Методика опытов на сенокосах и пастбищах / В.Г. Игловиков [и др.]. – ВИК, 1971. – 233 с.
5. Писковацкий, Ю.М. Люцерна для многовидовых агроценозов / Ю.М. Писковацкий // Кормопроизводство. – 2012. – № 11. – С. 25-26.
6. Эсседулаев, С.Т. Высокопродуктивные травостои на основе нетрадиционных кормовых культур в Верхневолжье / С.Т. Эсседулаев, Н.В. Шмелева // Владимирский земледелец. – 2018. – № 4 (86). – С. 26-30.

FORMATION OF HIGH YIELD BINARY AGROPHYTOCENOSES ON THE BASIS OF ALFALFA AND FESTULOLIUM

E.R. Klyga, P.P. Vasko

The paper analyses binary grass mixtures from alfalfa and festulolium. The results of the influence of seeding rates on the grass stands yield for 2016-2018 are stated. It's established that while constructing binary agrophytocenoses with alfalfa and festulolium their productive process should be regulated with seeding rates. The validity value ($R^2=0,94-0,99$) witnesses about a strong dependence of the yield value on the seeding rate of the components.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫМИ ЭКОТИПАМИ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

*Г.И. Демидась, доктор с.-х. наук, М.Г. Квитко, аспирант
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

*Г.П. Квитко, доктор с.-х. наук, профессор
(Поступила 11.05.2019)*

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

***Аннотация.** Представлены результаты исследований продуктивности люцерны посевной разного географического происхождения, а именно правобережной Лесостепи и южной Степи Украины при ее скашивании в основные фазы вегетации - бутонизации и начала цветения. Установлено, что высокий продуктивный потенциал люцерны посевной лучше всего проявляется при скашивании в фазе начала цветения, по сравнению с фазой бутонизации независимо от зоны происхождения. При оптимальных условиях температурного режима и обеспечения влагой люцерна сформировала четыре укоса, из них три в фазе начала цветения и один в фазе стеблевания, где урожайность зелёной массы люцерны обеих сортов составила 59,89–60,96 т/га, выход сухого вещества - 14,79–15,18 т/га с индексом продуктивности 22,72–23,32 кг/га/час при норме высева 8 млн./га всхожих семян и ширине междурядья 12,5 см. Отчуждение травостоя в этот период не нарушает естественный ритм побегообразования.*

Одним из перспективных аспектов решения проблемы дефицита кормового белка в рационах сельскохозяйственных животных является использование бобовых видов трав. Из них особая роль отводится люцерне с использованием новых высокоурожайных сортов, ареал возделывания которой в перспективе должен расширяться и занимать все большие площади на Украине. Бобовые травы не только способны обеспечивать корма белком, но и снизить потребность в азотных туках, улучшить почвенное плодородие, при этом оставаясь наилучшими предшественниками для зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Сорт является одним из основных элементов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, роль которого возрастает при биологизации, диверсификации, адаптивной интенсификации кормопроизводства. Установлено, что за счет разработанных сортовых технологий выращивания раскрываются потенциальные возможности каждого сорта, за счет которых, можно ежегодно дополнительно получать урожай кормовой массы на 25-30% больше [6].

Учеными Казахстана [7] установлено, что в кормопроизводстве предпочтение необходимо отдавать сортам с высокой семенной и кормовой продуктивностью. По морфо-биологическим признакам этим требованиям отвечает сорт люцерны *Карабалыкская жемчужина*, который обеспечивает урожайность зеленой массы 19,1 т/га с содержанием сырого протеина 18,2%, сырой клетчатки 25,2%. В степных и лесостепных зонах по продуктивности выделился сорт люцерны *Люция 14* с урожайностью зеленой массы 24,5 т/га, сухого вещества 7,37

т/га, содержание сырого протеина составило 17,4-22,5% и клетчатки 18,4%. Сорт отличается высокой интенсивностью отрастания травостоя. Межфазный период при формировании первого укоса составил 52-60 дней и второго – 32-41 день [8], такими же свойствами обладает сорт *Соната*, созданный во ВНИИ кормов (Россия) с урожайностью сухой массы 13,0 т/га, а сорт *Селена* обладает высокой конкурентной способностью, толерантностью к почвенной кислотности (рН 4,7-5,5), эффективностью симбиоза с ризобиями и высокой урожайностью во влажные и сухие годы (ГТК от 0,8 до 1,8) [9]. В Украине сорт люцерны *Синюха* и *Росана* успешно произрастают на кислых почвах (рН 5,0–5,5) [13], а сорт *Анжелика* обладает высокой азотфиксацией [2].

Согласно высказываниям Л.Г. Раменского [10] нет растений с высокой конкурентоспособностью «вообще», все преимущества и недостатки растений совсем по-разному проявляются в различной природной обстановке. В мезофильных условиях решающее значение имеет энергия роста и развитие, в суровых – выносливость. Поэтому при выращивании люцерны кроме выбора сорта существенное влияние на ее продуктивность оказывают такие приемы агротехники, как способы посева и норма высева семян, которые необходимо дифференцировать в зависимости от назначения посева и зоны его возделывания. Ученые рекомендуют [11] в зоне, слабо обеспеченной атмосферными осадками, на кормовые цели люцерну высевать с нормой высева 4 млн шт./га, неравномерным выпадением осадков – 6 и 8 млн шт./га, достаточной – при ширине междурядья 30 см, а на семена – с междурядьем 60 см и нормой высева 2 млн шт./га во всех зонах богары.

Несмотря на то, что такие многолетние бобовые травы, как люцерна и эспарцет относятся к засухоустойчивым культурам, при недостатке влаги они также страдают от засухи и резко снижают урожайность. Поэтому важное значение имеет не только хорошо развитый травостой, но и благоприятное сочетание его густоты с влагообеспеченностью почвы, что тесно связано с нормой высева и способом посева [1].

В зоне северной Степи Украины наиболее благоприятные условия для выращивания эспарцета песчаного создаются при рядовом способе посева (15 см) с нормой высева 4-5 млн/га, где урожайность зеленой массы составила 18,78-20,77 т/га. Увеличение ширины междурядья на 30-45 см способствует снижению его показателей соответственно до 18,39 и 17,12 т/га [5].

А.В. Черенков [12] отмечает, что критические погодные условия первого года жизни выращивания люцерны в дальнейшем повлияли на рост, развитие, продуктивность и возможность растений выживать, как в первый, так и последующие годы жизни. При этом изменение густоты стояния растений люцерны в период вегетации существенно зависело от нормы высева.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили на полях отдела полевых кормовых культур, сенокосов и пастбищ Института кормов и сельского хозяйства Подолья НААН Украины на серых лесных среднесуглинистых почвах с содержанием гумуса 2,06% (по Тюрину), легкогидролизуемого азота (по Корнфильду) 77 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) соответственно 45 и 62 мг/кг, рН_{кол.} 4,6. Гидролитическая

кислотность – 3,40 мг-экв./100 г почвы. Агрохимический анализ почвы проводили в Винницком филиале Института охраны почв Украины.

Предшественник – соя на семена. Агротехнические приемы включали следующие операции: зяблевую обработку почвы на глубину 25-27 см, предпосевную подготовку комбинированным почвообрабатывающим агрегатом Европак и прикатывание посева кольчато-шпоровыми катками. Минеральные удобрения вносили в норме $P_{90}K_{120}$, известь – 2 т/га. Люцерну высевали беспокровным способом весной 2017 г., использовали сорт *Росана* (Лесостепь, Институт кормов и сельского хозяйства Подолья НААН) и *Анжелика* (южная Степь, Институт орошаемого земледелия НААН). Нормы посева и способы посева представлены в таблице 2. Повторность в опыте – четырехкратная. Площадь учетной делянки 14 м².

Погодные условия в год посева люцерны были критичными, как по температурному режиму, так и влагообеспеченности в межфазный период всходы – начало цветения, которое было отмечено через 69-71 день после посева. За два года испытаний наиболее благоприятные погодные условия сложились в 2018 г., когда был отмечен положительный баланс по влагообеспеченности и сумме среднесуточных температур. Весеннее отрастание растений люцерны отмечено 5 апреля. За период апрель-сентябрь сумма среднесуточных температур составила 724-778 °С, а количество атмосферных осадков достигло до 341-352 мм, что положительно влияло на процессы роста и развития люцерны.

В течение периода вегетации растений люцерны планирование и проведение исследований осуществлялось по общепринятым методическим указаниям [4].

Результаты исследований. При выращивании многолетних бобовых трав, в том числе и люцерны посевной, важно получить хороший травостой на ранних этапах развития растений, который в последующие годы жизни способен обеспечить стабильные показатели продуктивности при их продолжительном использовании.

В год посева из-за неблагоприятных погодных условий, заключающихся в неравномерном распределении осадков 129 мм (май-август) при отклонении от многолетних показателей на уровне 63-72%, низкой атмосферной влажности и высокой среднесуточной температуры воздуха в течение 3-х месяцев (июнь-август) – 19,1-21,4 °С при максимальной 27-34 °С. Такие погодные условия отрицательно влияли на высоту растений, как одного из основных показателей, который характеризует урожай зелёной массы люцерны посевной (таблица 1).

Из-за засухи, которая наблюдалась на протяжении всего вегетационного периода, растения были наиболее низкорослыми и достигали 28,0-33,3 см с облиственностью у обоих сортов люцерны в пределах 62-72%. Урожайность зелёной массы в основном зависела от исследуемых факторов, где наибольшие показатели (8,39-8,88 т/га) получили при норме посева 8 млн/га и ширине междурядий 12,5 см. При увеличении ширины междурядий в 2 раза (25 см) норма посева 6 млн/га обеспечила наилучших результатов, которые составили у сорта *Росана* 6,51 и 4,96 т/га – сорта *Анжелика*.

Таблица 1 – Биометрические показатели растений и урожайность зеленой массы люцерны посевной в год посева (2017 г.)

Сорт (фактор А)	Ширина междурядья, см (фактор В)	Норма высева, млн/га (фактор С)	Высота растений, см	Облиственность растений, %	Зеленая масса, т/га
Росана	12,5	4,0	30,1±1,3	71	7,40
		6,0	32,5±1,3	68	7,03
		8	33,3±1,3	62	8,88
	25	4	31,9±1,2	69	6,22
		6	32,4±1,3	72	6,51
		8	30,6±1,2	70	4,74
Анжелика	12,5	4	32,2±1,0	65	6,91
		6	30,1±1,2	68	6,29
		8	29,1±1,2	67	8,39
	25	4	28,0±1,1	72	4,66
		6	30,0±1,2	71	4,96
		8	28,8±1,0	70	3,77

HCP₀₅, т/га А – 0,14; В – 0,11; С – 0,17; АВ – 0,16; АС – 0,23; ВС – 0,28; АВС – 0,36

Во второй год жизни люцерны после весеннего отрастания повторилась двухмесячная засуха, которая не позволила получить полноценный первый укос. Благодаря наличию продуктивной влаги в почве, а также атмосферных осадков, выпавших в июне – июле (92–156 мм), интенсивной транспирации, в хорошо облиственном и густом травостое, сохранился особый микроклимат, отличающийся от окружающей среды. По нашим наблюдениям, люцерна, несмотря на постоянно изменяющиеся погодные условия в период жизненного цикла, сформировала четыре укоса в фазе бутонизации, а при скашивании ее в начале цветения – три укоса и один в фазу стеблевания. При этом продолжительность межфазного периода находилась в пределах 36–42 дня за исключением первого укоса, который проводили через 50 дней в фазе начала цветения (таблица 2).

Многолетними исследованиями установлено, что при прохождении этапов органогенеза наиболее благоприятные условия создаются при продолжительности солнечного освещения на протяжении дня в пределах 16 часов [3]. Необходимо отметить, что первый укос бобовых трав формировался при продолжительности светового дня 14:23:43-14:39:29 час, а наиболее интенсивное солнечное сияние наблюдалось после отрастания и формирования второго укоса люцерны, когда продолжительность светового дня составила 16:10:15-16:19:09 часов при среднесуточной температуре воздуха 18,6-18,9 °С и оптимальной влагообеспеченности. Рост и развитие люцерны во второй половине летнего периода проходили при оптимальном теплообеспечении и снижении суммы осадков, а также постепенного сокращения продолжительности светового дня от 15:57:30 до 13:14:51 часов. Установлено, что для получения полноценного укоса люцерны посевной сумма активных температур составила в среднем 734-792 °С в зависимости от фазы отчуждения травостоя.

Таблица 2 – Характеристика метеорологических условий второго года жизни люцерны за фазами роста и развития

Укос	Календарная дата межфазного периода от отрастания до фазы		Продолжительность межфазного периода, дней	Сумма		Среднесуточные показатели	
	бутонизации	начала цветения		осадков, мм	температур, °С	продолжительности светового дня, час	температуры воздуха, °С
1	5.04–15.05	5.04–25.05	40 - 50	16*/26**	616/780	14:23:43/ 14:39:29	15,4/15,6
2	16.05–26.06	26.05–5.07	41 - 41	73/98	763/775	16:10:15/ 16:19:09	18,6/18,9
3	27.06–1.08	6.07–14.08	36 - 40	156/165	716/840	15:57:30/ 15:31:26	19,9/21,0
4	2.08–12.09	15.08–26.09	42 - 48	46/ 57	840/774	14:03:27/ 13:14:51	20,0/18,0

Примечание: * фаза бутонизации; ** – фаза начала цветения.

На основе анализа метеорологических факторов окружающей среды нами выявлена реакция растений на смену продолжительности светового дня и обеспеченности влагой путем сокращения или увеличения длительности межфазного периода в онтогенезе и колебания показателей урожайности зеленой массы в зависимости от элементов технологии выращивания (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность зеленой массы люцерны в фазе бутонизации в зависимости от нормы высева и ширины междурядий, т/га (2018 г)

Сорт (Фактор А)	Ширина междурядья, см (Фактор В)	Норма высева, млн. шт./га (Фактор С)	Укос				Всего по 4 укосам
			1-й	2-й	3-й	4-й	
Росана	12,5	4,0	13,15	13,20	14,39	10,45	51,19
		6,0	14,44	14,08	14,82	11,08	54,32
		8,0	12,55	12,68	15,06	12,04	52,33
	25	4,0	12,99	12,88	14,84	11,75	52,46
		6,0	13,21	12,22	15,28	12,38	53,09
		8,0	13,74	12,62	16,12	11,18	53,66
Анжелика	12,5	4,0	13,05	11,21	14,02	10,68	48,96
		6,0	13,85	12,78	14,56	12,47	53,66
		8,0	12,30	11,39	15,01	11,85	50,55
	25	4,0	12,55	11,47	14,50	11,22	49,74
		6,0	12,94	11,19	14,33	11,41	49,87
		8,0	13,06	11,56	15,46	11,02	51,10

НСР₀₅, т/га

А – 0,20; В – 0 22; С – 0,27; АВ – 0,31; АС – 0,383; ВС – 0,40; АВС – 0,54

Исходя из полученных данных можно констатировать, что при скашивании травостоя люцерны в фазе бутонизации наибольшие показатели урожайности зеленой массы за четыре укоса (54,32 т/га) обеспечил сорт *Росана*, тогда как сорт *Анжелика* (53,66 т/га) при норме высева 6 млн/га и междурядье 12,5 см. Уменьшение или увеличение нормы высева люцерны, а также ширины междурядья в два раза [4] не приводили к высокой прибавке зеленой массы по сравнению с нормой высева 6,0 млн/га.

Распределение урожайности зеленой массы в период вегетации люцерны посевной проходило таким образом: 1-й укос 25,8-26,6%; 2-й – 23,8-25,9; 3-й – 27,2-27,3 и 4-й – 20,2-23,2% или колебалось от 10,45 до 16,12 т/га в зависимости от нормы высева и ширины междурядья. Полученные результаты свидетельствуют о стабильности продуцирования травостоя люцерны при оптимальных условиях температурного режима и обеспечения влагой, особенно во время формирования 2-3 укосов (ГТК 0,96-2,18).

Показатели урожайности зеленой массы люцерны увеличились во время скашивания фитоценоза в фазе начала цветения с нормой высева 8,0 млн/га и ширине междурядья 12,5 см. На протяжении вегетационного периода между растениями происходит конкуренция за факторы жизни, которая проявляется на более поздних фазах развития и зависит от преобладающих условий роста, и выраженности таких признаков как быстрое отрастание и высота растений. У исследуемых сортов отрастание люцерны наблюдалось через 4-6 дней после скашивания за счет наличия влаги в верхнем слое почвы, которое пополнялось выпавшими осадками.

При отчуждении травостоя люцерны в фазе начала цветения или через 10-14 дней после фазы бутонизации урожайность зеленой массы по сравнению с нормой высева 6,0 млн/га увеличилась на 11,6-12,2%, или 6,23-6,64 т/га. В сумме за четыре укоса валовой сбор зеленой массы составил 59,89-60,96 т/га. Если сравнивать данную норму высева с предыдущим сроком скашивания люцерны в фазе бутонизации, можно сделать вывод, что интенсивность прироста зеленой массы увеличилась на 16,5% у сорта *Росана* и 18,5% – *Анжелика*.

Из-за смены погодных условий во время вегетации растений наиболее продуктивным был первый и третий укосы при норме высева 8,0 млн/га и ширине междурядья 12,5 см, где урожайность зеленой массы у сорта *Росана* составила 22,25 и 18,96 т/га соответственно, тогда как у сорта *Анжелика* она повысилась до 22,80 и 19,29 т/га. Увеличение ширины междурядья до 25 см не обеспечило прироста зеленой массы, а, наоборот, показатели уменьшились независимо от сортовых особенностей люцерны и составили в первом укосе 21,35-21,59 т/га и 18,48-18,64 т/га – в третьем.

Меньшие показатели урожайности зеленой массы люцерны получены во втором укосе, где в продолжение роста и развития растений наблюдалась высокая максимальная температура воздуха (29-30 °С) с достаточным обеспечением влаги (ГТК 1,26), которые способствовали более быстрому прохождению этапов органогенезу при высоте растений 52-60 см (таблица 4).

Четвертый укос люцерны формировала в августе–сентябре при снижении температуры воздуха (ГТК 0,74) и сокращении продолжительности светового

Таблица 4 – Формирование урожайности зеленой массы люцерны в фазе начала цветения в зависимости от нормы высева и ширины междурядий, т/га (2018 г.)

Сорт (Фактор А)	Ширина междурядья, см (Фактор В)	Норма высева, млн. шт./га (Фактор С)	Укосы				Всего по 4 укосам
			1-й	2-й	3-й	4-й	
Росана	12,5	4,0	17,90	12,64	17,68	6,17	54,39
		6,0	20,75	12,09	18,84	7,06	58,74
		8,0	22,25	11,77	18,96	7,98	60,96
	25	4,0	20,50	11,65	17,84	6,58	56,57
		6,0	21,90	12,27	18,13	7,17	59,47
		8,0	21,35	12,34	18,64	7,28	59,61
Анжели- ка	12,5	4,0	20,01	11,87	18,36	5,75	55,99
		6,0	21,20	10,95	18,75	6,98	57,88
		8,0	22,80	10,39	19,29	7,41	59,89
	25	4,0	21,72	11,44	18,52	6,00	57,68
		6,0	21,64	9,05	18,95	6,90	56,54
		8,0	21,59	9,49	18,48	7,85	57,41

НСП₀₅, т/га А – 0,27; В – 0,26; С – 0,33; АВ – 0,38; АС – 0,47; ВС – 0,47; АВС – 0,66

дня до 13:14:51 час, которые являются основными факторами влияния на показатели урожайности зеленой массы (5,75-7,98 т/га).

На основе оптимальных погодных условий люцерна, имея прямостоячий тип куста, высоту растений 52-78 см (1-3-й укосы) и 33-43 см (4-й укос), облиственность на уровне 44,9-63,5% обеспечила высокие показатели урожая зеленой массы по циклам скашивания травостоя независимо от нормы высева и ширины междурядья. Распределение урожая по укосам в период вегетации было следующим: в 1 и 3-ем – соответственно 36,5-38,1 и 31,1-32,2%, 2 и 4-ом – 17,3-19,3 и 12,4-13,1%.

Интенсивность нарастания продуктивности в значительной мере определялась продолжительностью светового дня и влагообеспеченностью. На 1 мм осадков при норме высева 8,0 млн/га и ширине междурядья 12,5 см в фазе начала цветения прирост зеленой массы составил 192-195 и 183-185 кг/га в фазе бутонизации при норме высева 6,0 млн/га.

Исходя из вышеизложенного, можно отметить, что люцерна южного эко-типа (Степь) адаптировалась к смене продолжительности светового дня, распределению температурного режима и осадков. Сорта *Росана* и *Анжелика* по биоморфологическим особенностям не отличались один от другого, их продуктивность зависела от габитуса, облиственности и высоты растений. Наряду с этим, в нарастании фитомассы важную и неоценимую роль сыграла биологическая активность почвы, которая в первую очередь определялась характером распределения и накопления мощной корневой системы растениями люцерны, влажности и температуры почвы, что в свое время способствовало интенсивному росту и развитию стеблестоя на протяжении вегетации.

Выводы

В условиях Правобережной Лесостепи Украины за счет комплексного влияния абиотических и биотических факторов в период вегетации люцерны была установлена высокая адаптивность возделываемых сортов люцерны, которая способствовала формированию стабильного урожая зеленой массы 53,66-60,96 т/га независимо от режима скашивания травостоя при оптимальной норме высева и ширине междурядья 12,5 см.

Литература

1. *Альмишев, У.Х.* Влияние способов посева и норм высева лядвенца рогатого на урожайность травостоя в условиях поймы реки Иртыш / У.Х. Альмишев, Т.У. Альмишева, У.Д. Ахметжанова // Система создания кормовой базы животноводства на основе интенсификации растениеводства и использования природных кормовых угодий: матер. Межд. науч. конф.; 27-28 мая 2016 г. – Алматы, 2016. – С. 323-325.
2. *Вожегова, Р.А.* Створення та оцінка селекційного матеріалу люцерни з підвищеним рівнем азотфіксації / Р.А. Вожегова, О.Д. Тищенко // Вісник аграрної науки. – 2017. – №11. – С. 39-44.
3. *Жаринов, В.И.* Люцерна / В.И. Жаринов, В.С. Ключ. – К.: Урожай, 1983. – 240 с.
4. *Єщенко, В.О.* Основы научных исследований в агрономии / В.О. Єщенко [и др.]; Учебник. – Дня, 2005. – 288 с.
5. *Маткевич, В.Т.* Продуктивність еспарцету першого року сівби в залежності від технологічних прийомів вирощування / В.Т. Маткевич, В.П. Резнічено, Н.П. Міценко // Корми і кормовиробництво. – 2013. – Вип.75. – С. 172-175.
6. *Михайличенко, Б.П.* Стратегия селекции и семеноводства кормовых культур / Б.П. Михайличенко, З.Ш. Шамсутдинов, Н.И. Переправо // Вестник семеноводства в СНГ. – 1998. – № 4. – С. 14-22.
7. *Папета, С.И.* Новый высокопродуктивный сорт люцерны Карабалыкская жемчужина / С.И. Папета [и др.] // Система создания кормовой базы животноводства на основе интенсификации растениеводства и использования природных кормовых угодий: матер. Межд. науч. конф.; 27-28 мая 2016 г. – Алматы, 2016. – С. 151-153.
8. *Парсаев, Е.И.* Продуктивность и стрессоустойчивость нового сорта люцерны / Е.И. Парсаев, Т.М. Коберницкая // Система создания кормовой базы животноводства на основе интенсификации растениеводства и использования природных кормовых угодий: матер. Межд. науч. конф.; 27-28 мая 2016 г. – Алматы, 2016. – С.154-155.
9. *Писковацкой, Ю.М.* Люцерна для многовидовых агрофитоценозов / Ю.М. Писковацкой // Актуальные направления селекции и использование люцерны в кормопроизводстве : сб. науч.тр. / Всероссийский НИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – Москва: Угрешская типография, 2014. – Вып. 4 (52). – С. 21-28.
10. *Раменский Л.Г.* Проблемы и методы изучения растительного покрова / Л.Г. Раменский. – Л., 1971. – 334 с.
11. *Татебаев, Б.Ж.* Особенности селекции и семеноводства люцерны в условиях южного Казахстана / Татебаев, Б.Ж. // Система создания кормовой базы животноводства на основе интенсификации растениеводства и использования природных кормовых угодий: матер. Межд. науч. конф.; 27-28 мая 2016 г. – Алматы, 2016. – С. 185-188.
12. *Черенков, А.В.* Формування насінневої продуктивності люцерни та еспарцету першого року життя в умовах північного Степу України / А.В. Черенков, О.А. Тарасенко, О.О. Андренко // Бюлетень Інститут зернових культур НААНУ. – 2009. – №37 – С. 50-54.
13. *Buhaiov, V.* The response of *Medicago sativa* to aluminium toxicity under laboratory and field conditions / V. Buhaiov, V. Horenskyu, A. Liatukiene // Zemdirbyste=Agriculture. – Vol.105, No. 2.

PECULIARITIES OF GRASS STAND FORMATION BY PURPLE MEDIC (*MEDICAGO SATIVA*) ECOTYPES IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE

G.I. Demidas, M.G. Kvitko, G.P. Kvitko

*Presented are the results of the research on the yield of purple medic (*Medicago sativa*) of different geographical origin, namely, the right-bank Forest-Steppe and the southern Steppe of Ukraine, when it is mown in the main vegetative stage - budding and beginning of flowering. It's established that high productive capacity is best manifested when purple medic (*Medicago sativa*) is mown in the stage of the beginning of flowering in comparison with the budding stage, regardless of the area of origin. Under optimal temperature conditions and moisture supply, purple medic (*Medicago sativa*) forms four cuttings, three of them in the stage of the beginning of flowering and one in the stage of planting, where the herbage yield of purple medic (*Medicago sativa*) of both varieties is 59,89-60,96 t/ha, dry matter yield - 14,79-15,18 t/ha with the productivity index of 22.72-23.32 kg/ha/hour, seeding rate of 8 million/ha seeds and row spacing of 12.5 cm. The removal of grass stand during this period does not disturb the natural tillering rhythm.*

УДК 636.085.2:633.31:631.5

ЗАВИСИМОСТЬ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА СЕМЯН И СРОКА УБОРКИ

В.Н. Шлапунов, доктор с.-х. наук, академик, Н.Ф. Надточаев,

А.Н. Романович, А.Л. Бирюкович, кандидаты с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 13.03.2019)

Аннотация. Анализ биохимических показателей качества люцерны посевной показал более высокое содержание протеина в растениях при норме высева семян 10,5 млн шт./га по сравнению с 4,5 млн шт./га и во втором укосе по сравнению с первым. По мере наращивания сухого вещества в растениях люцерны интенсивно прирастает содержание клетчатки, сильно падает содержание протеина и золы, слабо изменяется содержание жира и БЭВ. Это приводит к снижению питательной ценности корма с 0,97 к.ед./кг СВ при 16%-м содержании СВ до 0,73 к.ед. при 30%-м или с 10,3 МДж обменной энергии до 8,8 МДж соответственно.

Одной из основных проблем кормопроизводства является оптимизация соотношения между производством силоса из кукурузы и сенажа из бобовых трав и бобово-злаковых смесей. Использование избыточного белка бобовых трав для компенсации его недостатка в кукурузе позволяет сократить себестоимость кормовой единицы в 2 раза [1]. Люцерна – ценная белковая культура, которая набирает популярность у производителей Беларуси в связи с необходимостью получения физиологически сбалансированных рационов крупного рогатого скота по протеину и структурной клетчатке. Однако, чтобы использовать значительный потенциал этой кормовой культуры нужно стремиться не только к ее высокому урожаю, но и к тому, чтобы заготовить из нее корм с высоким содержанием протеина, максимальной переваримостью и усвоением питательных веществ. Известно, что на содержание белка и клетчатки в травах влияет фаза вегетации на момент уборки. Так, сухая масса люцерны в фазу стеблева-

ния содержит 22,12% белка и 19,37% клетчатки, бутонизации – 17,12 и 25,15, начала цветения – 15,75 и 24,6% соответственно [2].

Считается, что при заготовке сенажа велико значение сроков уборки трав, так как по мере их старения резко изменяется морфологический и химический их состав: масса листьев уменьшается, а стеблей увеличивается. По этой причине возрастает содержание клетчатки, а содержание протеина, БЭВ и каротина снижается [3, С. 80].

По мнению Д. Шпаара, у кормовых бобовых культур качество корма в меньшей степени зависит от фазы развития, больше от высоты травостоя [4, С. 64-65]. Так, по его данным, у люцерны оптимальное содержание сухого вещества (20-23%), сырого протеина (23-24%), концентрация энергии (570-590 ЭКЕкр/кг СВ) отмечены при высоте скашивания травостоя в 1-м укосе 60-70 см, а в последнем – 40-50 см.

Одним из наиболее важных показателей питательности корма является содержание сырого протеина. Он необходим для синтеза белков собственного тела и производимой продукции, для нормального протекания обменных процессов. Недостаток его в рационе крупного рогатого скота приводит к снижению переваримости и использования органического вещества кормов и заключенной в них энергии [5, 6]. Исследованиями установлено, что для полного удовлетворения потребности животных в протеине его содержание в корме должно быть 12-16% на абсолютно-сухую массу [7, 8].

Клетчатка также является одним из важных компонентов в рационе жвачных животных. Она необходима для нормального функционирования рубца. Однако, чем выше содержание сырой клетчатки в корме, тем труднее животному и микроорганизмам извлечь питательные вещества из протоплазмы растительной клетки; высокое содержание клетчатки – признак низкой питательности кормов [9, С. 9]. В рационах коров при суточном удое 11-20 кг молока оптимальное количество клетчатки в сухом веществе составляет 24%. Повышение ее содержания более 28% и снижение менее 20% ведет к отрицательным последствиям [10].

В сыром протеине люцерны содержатся все незаменимые аминокислоты, и они составляют 36,8% от его количества [11]. Установлено, что такие незаменимые аминокислоты как триптофан, цистин, лизин могут устранить недостаток этих аминокислот в белках, где их мало, например, зеине [12, С. 149].

Методика исследований. Полевые опыты проводили на опытном участке Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию. Почва дерново-подзолистая связносупесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины 0,4-0,9 м. Агрохимическая характеристика участка: рН – 6,05-6,14, гумус – 2,24-2,70%, P₂O₅ – 180-200 мг/кг, K₂O – 257-286 мг/кг почвы.

Сев люцерны под покров ячменя, овса и горохо-овсяной смеси проводили в 2014 г. и 2015 г. с нормой высева 4,5-10,5 млн шт./га или 9-21 кг/га соответственно. Для борьбы с сорной растительностью посевы обрабатывали гербицидом Базагран (2 л/га) в фазе тройчатого листа люцерны. Участок известковали доломитовой мукой – 3,5 т/га. Осенью ежегодно вносили P₆₀K₁₂₀.

Учетная площадь делянки – 25,2 м². Повторность – четырехкратная. Размещение делянок – систематическое. Использование – три укоса.

В растительных образцах определяли содержание сухого вещества (СВ), сырых протеина (СП), жира (СЖ), клетчатки (СК), золы (СЗ) [13, 14, 15].

Содержание кормовых единиц в 100 кг СВ люцерны рассчитывали по [16, С. 84–85] формуле:

$корм. ед. = (\Sigma_{пнв} - K_{пдк} \times C_{СК}) : 100$, где

$\Sigma_{пнв}$ – сумма переваримых питательных веществ;

$K_{пдк}$ – коэффициент понижающего действия клетчатки;

$C_{СК}$ – содержание сырой клетчатки в сухом веществе корма, %.

$\Sigma_{пнв} = 1,57 \times C_{СП} \times П_{СП} + 3,16 \times C_{СЖ} \times П_{СЖ} + 1,65 \times C_{СК} \times П_{СК} + 1,65 \times C_{БЭВ} \times П_{БЭВ}$, где

C – содержание (в %), $П$ – переваримость (в %) сырых протеина, жира, клетчатки и БЭВ. Переваримость протеина, жира, клетчатки и БЭВ определялась по [17] с учетом укоса, фазы развития растений (содержания СВ), показателей питательности и изменялась соответственно в пределах 73-80%, 35-52%, 44-55% и 77-79%.

$K_{пдк}$ зависит от содержания сырой клетчатки в корме натуральной влажности: при 4% и менее он равен 0,49 и возрастает соответственно до 0,88 при содержании клетчатки 14%.

Обменную энергию для КРС рассчитывали по формуле: $ОЭ МДж = 0,181 \times C_{СП} \times П_{СП} + 0,328 \times C_{СЖ} \times П_{СЖ} + 0,122 C_{СК} \times П_{СК} + 0,155 \times C_{БЭВ} \times П_{БЭВ}$.

Для оценки тесноты связей между биохимическими показателями растений люцерны использовали методы корреляционного и регрессионного анализа с использованием компьютерной программы *Excel*. Теснота корреляционной связи приведена по шкале Чеддока [18]: 0,1-0,3 – слабая, 0,3-0,5 – умеренная, 0,5-0,7 – заметная, 0,7-0,9 – высокая, 0,9-0,99 – весьма высокая.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе проведения полевых опытов было установлено, что в среднем за четыре года (2-й – 5-й годы жизни) урожайность люцерны посевной составила 86,6 ц/га сухой массы.

Содержание сырого протеина (СП) в сухой массе растений является ключевым показателем питательности корма. Отмечена тенденция повышения содержания сырого протеина в посевах люцерны с нормой высева семян 10,5 млн шт./га по сравнению с 4,5 млн шт./га (рисунок 1). Разница составила 1,6% во 2-й год жизни, 0,8% в 3-й, 0,4% в 4-й, 0,2% в 5-й. Это объясняется тем, что содержание протеина в листьях большее, чем в стеблях, и доля первых в урожае люцерны в более плотных посевах была большей, а по годам пользования она уменьшалась.

Содержание сырого протеина в растениях люцерны 2-го укоса выше, чем 1-го (рисунок 2). Эта разница в среднем за 3 года пользования составила 3,8% и колебалась от 0,7% во второй год жизни до 6,5% в пятый, что согласуется с данными, полученными другими авторами [19, 20, С. 235].

Накопление сухого вещества в растениях люцерны имеет не только положительную сторону в плане роста урожайности, но и отрицательную – из-за снижения питательной ценности корма. Рассмотрим это на примере данных зоотехнического анализа 71 пробы растений люцерны. Среднее содержание су-

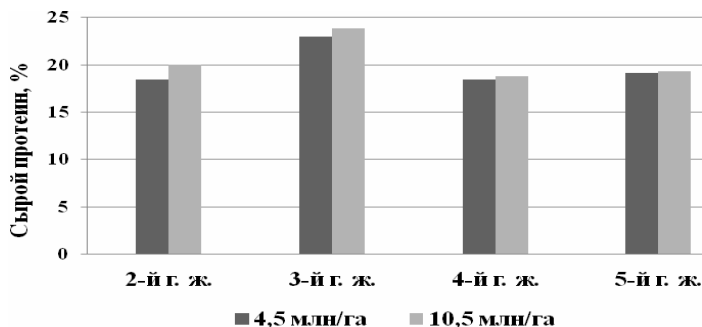


Рисунок 1 – Содержание сырого протеина в растениях люцерны в зависимости от нормы высева, %

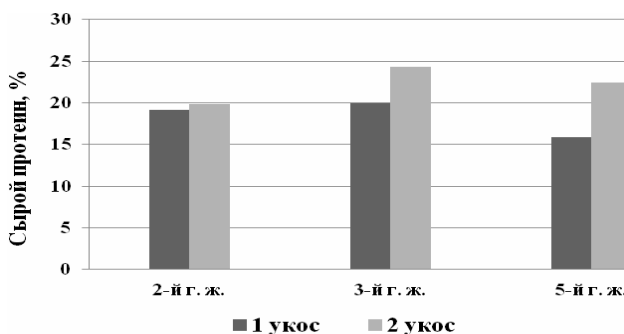


Рисунок 2 – Содержание сырого протеина в растениях люцерны 1-го и 2-го укосов, %

хого вещества люцерны по данной выборке составило 23,8%, сырого протеина – 19,3%, сырого жира – 2,45%, сырой клетчатки – 27,8%, сырой золы – 10,0%, БЭВ – 40,4%.

По мере увеличения содержания сухого вещества в растениях идет интенсивное накопление клетчатки, содержание которой уже превышает нормативную зоотехническую норму при накоплении в растениях приблизительно 16% СВ, что соответствует фазе бутонизации. Когда растения вступают в фазу цветения, содержание клетчатки возрастает до 26%, а к ее окончанию и вовсе превышает 30%. Особенно это касается первого укоса, у которого доля стеблей в урожае выше относительно последующих укосов. Корреляционная связь между содержанием сухого вещества и клетчатки в растениях люцерны сильная и составляет 0,88, а уравнение регрессии имеет следующий вид: $y = -0,0361x^2 + 2,5088x - 10,52$, где x – содержание СВ в растениях люцерны (рисунок 3).

Рост сухого вещества в растениях люцерны находится в весьма высокой обратной связи с накоплением в них протеина ($r = -0,91$). При накоплении 16% сухого вещества растения содержат в нем 25% сырого протеина, а при

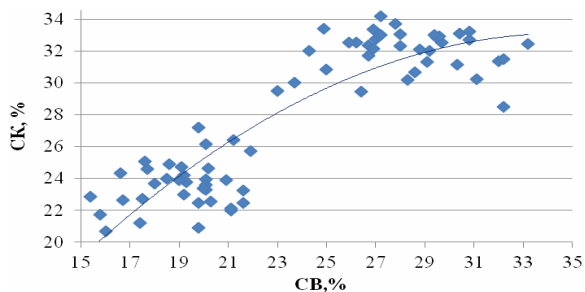


Рисунок 3 – Связь между содержанием сырой клетчатки и сухого вещества в растениях люцерны

30%-ном содержании СВ – только 15%, что уже делает эту культуру малопривлекательной в решении белковой проблемы. Уравнение регрессии имеет вид: $y = 0,0212x^2 - 1,6795x + 46,72$, где y – содержание протеина, x – содержание СВ (рисунок 4).

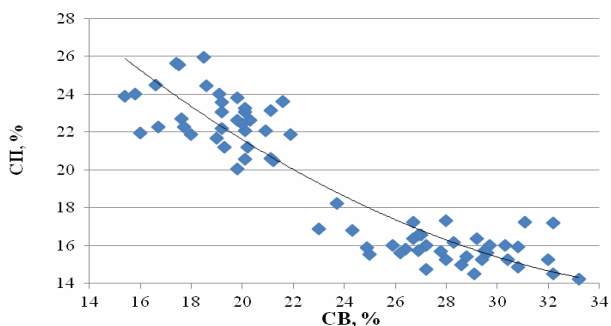


Рисунок 4 – Связь между содержанием сырого протеина и сухого вещества в растениях люцерны

Из рисунков 3, 4 следует, что содержание протеина находится в весьма высокой обратной связи с содержанием клетчатки в растениях люцерны (рисунок 5). Коэффициент корреляции между этими показателями равен $-0,92$, а уравнение регрессии выражается формулой: $y = 0,0503x^2 - 3,0951x + 68,16$, где y – содержание клетчатки, x – содержание протеина, то есть, при содержании в растениях 25% протеина клетчатки в них около 22%, а при содержании 16% клетчатка уже прирастает до 32%.

По мере накопления сухого вещества содержание сырого жира в растениях люцерны изменяется слабо ($r = 0,18$), равно как и БЭВ ($r = -0,13$). Более заметная связь между содержанием сухого вещества и сырой золой ($r = -0,56$). Это свидетельствует о том, что с наращиванием сухого вещества содержание ценных для животных минеральных элементов в растениях люцерны падает.

При составлении рационов энергетическую питательность корма принято выражать при натуральной влажности. Как видно из рисунка 6, по мере накоп-

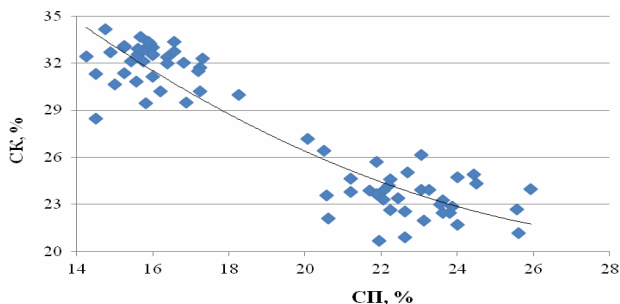


Рисунок 5 – Связь между содержанием в растениях люцерны сырого протеина и сырой клетчатки

ления сухого вещества в растениях растет и содержание в зеленой массе кормовых единиц ($r = 0,93$). Уравнение регрессии имеет вид: $y = -0,000005x^2 + 0,0036x + 0,0978$, где x – содержание СВ в растениях люцерны. Так, при накоплении в растениях 16% сухого вещества содержание кормовых единиц в 1 кг зеленой массы составит 0,15, а при 30% СВ – 0,20.

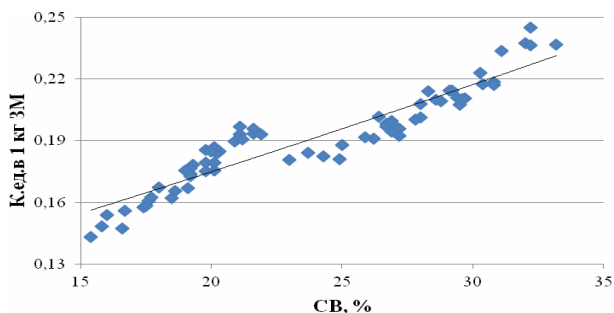


Рисунок 6 – Связь между содержанием сухого вещества и кормовых единиц в зеленой массе люцерны посевной

На самом деле, представление об увеличении кормовых единиц в зеленой массе по мере накопления люцерной сухого вещества – обманчивое, потому что продуктивное действие корма определяется питательностью в сухом веществе. Рисунок 7 наглядно показывает обратную закономерность ($r = -0,92$). Уравнение регрессии ($y = 0,0005x^2 - 0,0402x + 1,4891$) показывает, что при накоплении в растениях 16% сухого вещества содержание кормовых единиц в 1 кг СВ люцерны составит 0,97, а при 30% СВ – только 0,73.

Аналогичная картина наблюдается и по содержанию обменной энергии в сухом веществе люцерны (рисунок 8). Коэффициент корреляции между содержанием СВ и ОЭ составляет $-0,90$, а уравнение регрессии имеет вид: $y = 0,004x^2 - 0,2932x + 13,963$. Расчет показывает, что при содержании СВ в растениях люцерны 16% обменной энергии в них имеется 10,28 МДж, а при 30% СВ – только 8,83 МДж.

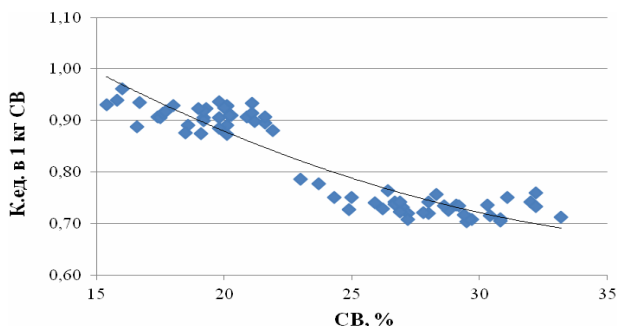


Рисунок 7 – Связь между содержанием сухого вещества и кормовых единиц в сухой массе люцерны

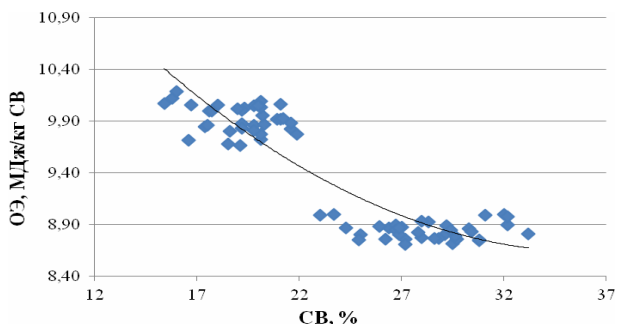


Рисунок 8 – Связь между содержанием обменной энергии и сухим веществом люцерны посевной

Расчеты показывают, что самая сильная корреляционная зависимость ($r = -0,98$) существует между содержанием кормовых единиц в сухом веществе растений люцерны и накоплением в них клетчатки. Уравнение регрессии выражается формулой: $y = -0,0004x^2 + 0,0005x + 1,1019$. Это значит, что с большой точностью можно определить энергосодержание корма, зная в нем только содержание клетчатки. Например, при содержании в сухом веществе растений люцерны 20% клетчатки в 1 кг его содержится 0,95 к.ед., а при 30% клетчатки – 0,76. Несколько меньшую точность дает определение энергосодержания корма по результатам определения сырого протеина, где коэффициент корреляции между этими показателями составляет 0,92, а уравнение регрессии имеет вид: $y = -0,0024x^2 + 0,1158x - 0,5022$. При содержании в растениях люцерны 25% сырого протеина питательность может составлять 0,89 к.ед./кг СВ, а при 20% – 0,85 к.ед.

Согласно шкале Чеддока заметную прямую связь имеют сырой протеин с сырой золой ($r = 0,66$), обратную – сырая зола с сырой клетчаткой ($r = -0,62$). Безазотистые экстрактивные вещества с кормовыми единицами в СВ связаны умеренно ($r = 0,43$), равно как и сырая зола ($r = -0,41$), или БЭВ с сырой клет-

чаткой ($r = -0,36$). Слабая обратная зависимость выявлена между содержанием сырого жира и сухого вещества в растениях люцерны ($r = -0,20$), сухого вещества и БЭВ ($r = -0,13$), сырой золы и БЭВ ($r = -0,22$), кормовых единиц в СВ и сырого жира ($r = -0,02$). Слабая прямая зависимость отмечена между содержанием сырых жира и протеина ($r = 0,15$), жира и золы ($r = 0,30$), жира и БЭВ ($r = 0,04$), протеина и БЭВ ($r = 0,01$). Не выявлено также влияния БЭВ, жира и золы на содержание обменной энергии в растениях люцерны посевной ($r = 0,01-0,06$).

Выводы

1. Увеличение нормы высева семян люцерны с 4,5 до 10,5 млн шт./га приводит к повышению доли листьев в урожае, благодаря чему содержание протеина в сухом веществе растений на 1,6% во 2-й год жизни, 0,8% в 3-й, 0,4% в 4-й и 0,2% в 5-й выше в более густых посевах.

2. Содержание сырого протеина в растениях люцерны 2-го укоса в среднем на 3,8% выше, чем 1-го, что также связано со структурой урожая и большей высотой растений в 1-м укосе.

3. По мере наращивания сухого вещества в растениях люцерны интенсивно накапливается содержание клетчатки ($r = 0,88$), сильно падает содержание протеина ($r = -0,91$), заметно – золы ($r = -0,56$), слабо изменяется содержание жира ($r = 0,18$) и БЭВ ($r = -0,13$).

4. Содержание энергии в растениях люцерны естественной влажности растет по мере накопления сухого вещества, но в пересчете на сухое вещество, от чего зависит продуктивное действие корма, – падает.

5. Сильная корреляционная связь ($r = -0,98$) между содержанием кормовых единиц в сухом веществе растений люцерны и накоплением в них клетчатки с большой точностью позволяет определить энергосодержание корма только по содержанию клетчатки.

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: матер. семинара-учебы руководящих кадров АПК (Горки, янв., 2012 г.). – Минск : ИВЦ Минфина, 2012. – С. 3-4.

2. Техническое обеспечение технологий заготовки высококачественных кормов (методические рекомендации) / В.В. Гракун [и др.]. – Жодино : РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2017. – 77 с.

3. Справочник по приготовлению, хранению и использованию кормов / П. С. Авраменко [и др.] – Минск: Ураджай, 1993. – 351 с.

4. Шпаар, Д. Кормовые культуры (Производство, уборка, консервирование и использование грубых кормов) / Д. Шпаар [и др.] – Москва : ИД ООО «DLV Агродело», 2009, т. 1. – 464 с.

5. Вийральт, Р.М. Эффективность и взаимодействие азотного удобрения и дождевания на долголетних злаковом и ползучеклеверо-злаковом травостоях / Р.М. Вийральт, Н. Р. Кабанен // Роль и перспективы биологического и минерального азота в интенсивном луговодстве. – Тарту, 1985. – С. 50 – 53.

6. Привалова, К.Н. Влияние минеральных удобрений на продуктивность долголетних пастбищ / К. Н. Привалова // Кормопроизводство. – 1999. – № 12. – С. 8-9.

7. Алтунин, Д.А. Справочник по сенокосам и пастбищам / Д. А. Алтунин. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 335 с.
8. Степанов, А.Ф. Ранний зеленый корм с многолетних травостоев / А.Ф. Степанов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2009. – № 5. – С. 41 – 46.
9. Зеленые и сырьевые конвейеры : рекомендации / Б. В. Шелото [и др.] – Минск, 2009. – 37 с.
10. Кормление сельскохозяйственных животных : справочник / А. М. Венедиктов [и др.] – 2-е изд. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 366 с.
11. Changes in amino acid composition during ensiling lucerne and red clover in round bales [Electronic resource] : С. Purwin [et. al]. J. Elem., 20(4) : 2015. - S. 965-973. <http://jsite.uwm.edu.pl> - Date of access:23.01.2019 г.
12. Физиология сельскохозяйственных животных / Н.У. Базанов [и др.]. – Москва: Колос, 1967. – 455 с.
13. ГОСТ 13496.4-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.
14. ГОСТ 13496.15-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого жира.
15. ГОСТ 13496.2-91 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки.
16. Рекомендации по кормлению молочных коров и молодняка крупного рогатого скота. - Изд. второе, Москва : ВНИИ кормов, 1988. – 107 с.
17. Новая система оценки кормов в ГДР / М. Бейер [и др.]. пер. Г.Н. Мирошниченко, Москва: Колос, 1974. - 248 с.
18. Шкала Чеддока : [электронный ресурс] : – Режим доступа: Ekonometrik.ru. – Дата доступа : 15.02.2019.
19. Нормативы для учета питательности заготавливаемых кормов / Н.Ф. Надточаев [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. - 2009. - №5. – С. 18-23.
20. Нормы кормления крупного рогатого скота: справочник / Н. А. Попков [и др.]. – Жодино : РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2011. – 260 с.

DEPENDENCE OF PURPLE MEDIC (*MEDICAGO SATIVA*) NUTRITIONAL VALUE ON THE SEEDING RATE AND HARVEST TIME

V.N. Shlapunov, N.F. Nadtochayev, A.N. Romanovich, A.L. Biryukovich

*The analysis of biochemical indicators of the quality of purple medic (*Medicago sativa*) shows higher protein content in plants with the seeding rate of 10,5 mln.psc/ha in comparison with 4,5 mln.psc/ha and the second cut in comparison with the first one. In the course of increasing dry matter in purple medic (*Medicago sativa*) plant fibre content grows intensively, protein and ash content is greatly reduced, fat and nitrogen free extract content changes slightly. It brings about the reduction of fodder nutritional value from 0,97 feed units per kilo with 16% content of dry matter to 0,73 feed units per kilo with 30% content of dry matter or from 10,0 MJ of metabolizable energy to 8,8 MJ respectively.*

СТАБИЛЬНОСТЬ УРОЖАЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА У СОРТОВ ЕЖИ СБОРНОЙ

М.М. Хомяк, старший научный сотрудник

*Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН Украины
(Поступила 12.03.2019)*

Рецензент: Клыга Е.Р., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** Сообщаются результаты по изучению экологической стабильности 12 сортов и номеров ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.). Наивысшую интегральную оценку, основанную на сумме рангов оценок по урожайности и стабильности I укоса, получили перспективные номера 1580 (15+) и 1504 (8+), которые сочетали высокую урожайность сухого вещества (5,803-6,209 т/га) с низкой варiances стабильности (-0,016-0,077). По урожайности и стабильности отавы наивысшую интегральную оценку получили номера № 1504 (14+), № 1514 (12+), № 1595 (11+) и № 1580 (10+). Позднеспелые сорта Бойкивчанка, Маричка и номер № 1516 по результатам I укоса и отавы отличились самыми низкими интегральными оценками. Использование интегральной оценки позволило выявить наиболее ценные для селекционного использования номера ежи сборной: № 1580, № 1504 и № 1514.*

Для сортов ежи сборной важна не только высокая урожайность сухого вещества, но и ее стабильность в разных условиях выращивания. Стабильность урожайности сорта зависит от его способности формировать определенный уровень урожайности в широком диапазоне условий выращивания.

Различают два основных типа стабильности: статическую и динамическую [1, 2]. Статическая стабильность аналогична биологической концепции гомеостаза: устойчивый генотип имеет тенденцию показывать постоянный урожай при испытании в разных условиях среды. Динамическая стабильность подразумевает для устойчивого генотипа одинаковую реакцию в каждой среде, которая всегда является параллельной средней реакции генотипов, участвующих в опыте, то есть отсутствия взаимодействия генотип-среда [3]. Тем не менее, при изучении сортов в разных условиях среды происходит изменение их рангов урожайности в связи с различной нормой реакции генотипа на среду. Для практических целей статическая стабильность может быть более полезна, чем динамическая, особенно при испытании сортов в широком диапазоне условий выращивания [4].

Наличие у сортов взаимодействия генотип-среда может привести к ошибкам в селекционном процессе, так как отбор в одних условиях не может обеспечить преимущества в других. Следует отметить, что высокая стабильность урожая часто может быть связана с его низким уровнем (или наоборот низкая стабильность с высоким средним урожаем), что тоже усложняет селекционный процесс.

У сортов-популяций ежи приспособляемость основана на генетическом гомеостазе, включающем не только гетерогенность, но и гетерозиготность, возникающую в результате свободного переопыления между растениями. Таким образом, сорта ежи отличаются широким диапазоном реагирования на условия среды. Тем не менее, сорта ежи различаются по реакции на условия выращи-

ния. Установив параметры стабильности урожайности сухого вещества нового сорта можно прогнозировать его реакцию на изменение условий выращивания и рекомендовать необходимую агротехнику для получения оптимальных урожаев.

Для анализа стабильности урожайности сорта разработаны различные математические модели. Wricke (1962) предложил для оценки стабильности использовать экваленсы (W^2_i). Они оценивают ту часть взаимодействия генотип-среда, которая приходится на отдельный вариант (сорт, линию или гибрид) [5]. Малая доля во взаимодействии соответствует высокой стабильности, а высокая – низкой стабильности. Finlay, Wilkinson (1963) считают сорт стабильным тогда, когда его реакция на изменение условий выращивания параллельна средней реакции всех сортов в опыте ($b_i = 1$) [6]. Eberhart, Russell (1966) предложили для оценки стабильности сорта использовать его среднеквадратическое отклонение (S_d^2) от линейной регрессии. Чем меньше S_d^2 , тем стабильнее сорт [7]. По Shukla (1972) стабильность сорта определяется величиной его дисперсии (σ^2_i) взаимодействия генотип-среда [8]. Надо отметить, что этот показатель в настоящее время считается самым объективным [9]. В компьютерной программе STABLE Kang, Magari (1995) объединили параметры стабильности и ранговой оценки урожайности для отбора наиболее ценных генотипов [10].

Следует отметить, что для оценки взаимодействия генотип-среда разработаны сложные математические методы. Наибольшее распространение из них получил метод (оценка аддитивных главных эффектов и множественного взаимодействия) и анализ образов (pattern analysis). Оба метода реализованы в компьютерной программе IRRISTAT [11].

Цель наших исследований – установить параметры стабильности урожайности сухого вещества у 12 сортов и селекционных номеров ежи сборной и отобрать наиболее ценные из них для дальнейшей селекционной работы по созданию экологически стабильного сорта.

Методика проведения исследований. В качестве объектов по изучению параметров стабильности были использованы зарегистрированные в Украине сорта ежи сборной (*Dactylis glomerata L.*) *Дрогобычанка*, *Олешка 14*, *Маричка*, *Бойкивчанка* и *Магутная* (Беларусь), а также 7 перспективных селекционных номеров, созданных лабораторией селекции трав Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН в последние годы.

Исследования проводили в лаборатории селекции трав ИСХКР НААН (с. Лишня, зона Предкарпатья) на осушенных гончарным дренажем дерново-среднеподзолистых поверхностно оглеенных среднекислых суглинистых, образованных на делювиальных отложениях почвах, которые характеризовались следующими показателями: содержание гумуса в пахотном (0-20 см) слое – 1,22%, pH солевой вытяжки – 4,6, гидролитическая кислотность – 4,23, Нг – 11,8 мг-экв. на 100 г почвы (сумма поглощенных оснований), подвижных форм азота – 10,8 мг, фосфора – 11,8 мг, обменного калия – 8,2 мг на 100 г почвы.

Закладку опытов и фенологические наблюдения, биометрические измерения, учет, биохимические анализы и статистическую обработку данных прово-

дили по общепринятым методикам [12, 13]. Агротехника – общепринятая для зоны Прикарпатья.

Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались значительным разнообразием.

Для статистической обработки были использованы компьютерные программы: STABLE и IRRISTAT [10, 11].

Результаты исследований и их обсуждение. Учитывая особенности формирования суммарной за вегетацию урожайности сухого вещества у ежи сборной, считаем необходимым отдельно обсуждать урожайность I укоса и урожайность отавы, являющийся суммой II и III укосов. Это объясняется тем, что урожайность I укоса формируется в весенний период, когда в почве содержится достаточное количество влаги, накопленное в зимний период. Урожайность отавы формируется в летний период, когда зимние запасы влаги уже израсходованы и на величину урожая сухого вещества наибольшее влияние оказывает количество осадков, выпавших за этот период.

Результаты дисперсионного анализа показали, что на урожайность сухого вещества первого укоса, отавы и за год существенное влияние оказали годы проведения опытов, сорта и их взаимодействие. Последнее особенно важно, так как наличие достоверных взаимодействий сорта \times годы ($P < 0,01$) позволяет осуществить дальнейший анализ. Наличие достоверной ковариансы (гетерогенности) ($P < 0,01$) между урожайностью сортов и средней годовой урожайностью отавы указывает на присутствие аддитивного, линейного эффекта. Снижению влияния на изменчивость урожайности сортовых различий и проявлению упомянутой ковариансы способствовали стрессовые условия, вызванные влиянием засухи на растения. Значительное влияние на урожайность сухого вещества сортов ежи сборной оказывали погодные условия, особенно сумма выпавших осадков в годы проведения опытов. Наиболее высокие урожаи сухого вещества наблюдались в первом укосе и урожае отавы в благоприятные годы, а снижение урожая сухого вещества в 1,4-1,9 раза – в засушливые годы.

Сортоиспытателей больше всего интересует сочетание уровня урожайности и стабильности, что делает возможным отбор наиболее ценных сортов. Программа STABLE, разработанная Kang, Magari (1995) на Луизианской сельскохозяйственной опытной станции (США), как нельзя лучше подходит для этих целей. В программе применена оригинальная шкала оценок сортов по урожайности и стабильности.

Интегральная оценка сортов основана на сумме рангов оценок по урожайности и стабильности. В таблице 1 показана селекционная оценка сортов по урожаю I укоса. Знаком «+» отмечены сорта, превышающие среднюю интегральную оценку по опыту. Наивысшую интегральную оценку получили номера №1580 (15+), №1504 (8+). Они сочетали высокую урожайность сухого вещества (5,803-6,209 т/га) с низкой дисперсией стабильности (-0,016 - 0,077).

Более низкую оценку получили сорта *Олешка* 14 (5+), № 1514 (5+), *Дрогобычанка* (4+) и № 1595 (4+). Самую низкую интегральную оценку получил позднеспелый сорт *Маричка* (-2).

Таблица 1 – Оценка сортов и номеров ежи сборной по урожайности и стабильности сухого вещества I укуса (среднее за 2015-2017 гг.)

Сорт/номер	Сухое вещество				Стабильность		Интегральная оценка (ранг)
	т/га	ранг	уточненная оценка рангов	сума рангов	σ^2_i	оценка (ранг)	
Дрогобычанка	6,044	10	2	12	1,523	-8	4+
Олешка 14	5,602	6	-1	5	0,116	0	5+
Магутная	5,973	9	2	11	1,296	-8	3
Маричка	4,866	1	-3	-2	0,123	0	-2
Бойкивчанка	5,184	3	-2	1	0,177	0	1
№ 1595	5,531	5	-1	4	0,334	0	4+
№ 1504	5,803	7	1	8	0,077	0	8+
№ 1514	6,066	11	2	13	0,791	-8	5+
№ 1580	6,209	12	3	15	-0,016	0	15+
№ 1584	5,345	4	-2	2	0,224	0	2
№ 1524	5,953	8	2	10	0,724	-8	2
№ 1516	5,066	2	-3	-1	0,165	0	-1

$\bar{X}.. = 5,637$

$YS = 3,833$

$R_{05} = 0,261$

Урожайность отавы у ежи сборной формируется в летний период и в значительной степени зависит от количества осадков. Засушливые условия не способствуют проявлению генетических возможностей сорта, нивелируя урожайность сухого вещества. За исключением сорта *Бойкивчанка*, все сорта и номера имели недостоверную вариацию стабильности. Таким образом, можно отметить, что для большинства сортов стабильность урожая отавы не оказывала существенного влияния на его уровень. Наивысшую интегральную оценку получили номера № 1504 (14+), № 1514 (12+), № 1595 (11+), № 1580 (10+) и сорт *Магутная* (9+). Позднеспелые сорта и номера отличились самыми низкими интегральными оценками *Бойкивчанка* (-4), *Маричка* (-1) и № 1516 (1) (таблица 2).

Окончательная селекционная ценность сорта останавливается на основе суммы интегральных оценок. Наибольшую сумму интегральных оценок за I укус и отаву получили № 1580 (25+), № 1504 (22+), № 1514 (17+), № 1595 (15+) и сорт *Магутная* (12+).

Выводы

1. Использование селекционно-ориентированных компьютерных программ STABLE и IRRISTAT позволяет более аргументировано отобрать для селекции наиболее ценные номера ежи сборной, реализующие свои генетические возможности в разных условиях среды.

2. На урожайность сухого вещества первого укуса, отавы и за год существенное влияние оказали годы проведения опытов, сорта и их взаимодействия ($P < 0,01$). Стрессовые условия развития растений, вызванные влиянием засухи во второй половине лета, способствовали снижению влияния на изменчивость

Таблица 2 – Оценка сортов и номеров ежи сборной по урожайности и стабильности сухого вещества отавы (среднее за 2015-2017 гг.)

Сорт/номер	Сухое вещество				Стабильность		Интегральная оценка (ранг)
	т/га	ранг	уточненная оценка рангов	сума рангов	σ^2_i	оценка (ранг)	
Дрогобычанка	5,647	6	-1	5	0,799	0	5
Олешка 14	5,626	4	-1	3	0,656	0	3
Магутная	5,846	8	1	9	0,241	0	9+
Маричка	5,067	1	-2	-1	0,057	0	-1
Бойкивчанка	5,642	5	-1	4	2,403	-8	-4
№ 1595	6,097	10	1	11	0,288	0	+11
№ 1504	6,385	12	2	14	0,300	0	+14
№ 1514	6,158	11	1	12	0,693	0	+12
№ 1580	5,953	9	1	10	0,838	0	+10
№ 1584	5,580	3	-1	2	0,429	0	2
№ 1524	5,677	7	-1	6	0,458	0	6+
№ 1516	5,527	2	-1	1	0,690	0	1

$\bar{x}.. = 5,767$

YS=5,667

$R_{05} = 0,396$

урожае сортовых различий и проявлению достоверной ковариансы ($P < 0,01$) между урожаем сортов и средним годовым урожаем отавы.

3. Наивысшую интегральную оценку, основанную на сумме рангов оценок по урожайности и стабильности 1 укоса, получили перспективные номера: № 1580 (15+) и № 1504 (8+). Они сочетали высокий урожай сухого вещества (5,803-6,209 т/га) с низкой вариабельностью (-0,016 – 0,077). По урожайности и стабильности отавы наивысшую интегральную оценку получили номера: № 1504 (14+), № 1514 (12+), № 1595 (11+) и № 1580 (10+). Позднеспелые сорта *Бойкивчанка*, *Маричка* и номер № 1516 по результатам I укоса и отавы отличились самыми низкими интегральными оценками.

Литература

1. *Becker, H.C.* Stability analysis in plant breeding / H.C. Becker, J. Leon // Plant Breeding. – 1988. – 101. – P. 1-23.
2. *Lin, C.S.* Stability Analysis: Where Do We Stand? / C.S. Lin, M.R. Binns, L.P. Lefkovich // Crop Science. – 1986. – Vol. 26. – P. 894-900.
3. *Annicchiarico, P.* Genotype x environment interaction – challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations / P. Annicchiarico // FAO. Rome. – 2002. – 150 p.
4. *Simmonds, N.W.* Selection for local adaptation in a plant breeding programme / N.W. Simmonds // Theoretical and Applied Genetics. – 1991. – 82. – P. 363-367.
5. *Wricke, G.* Über eine methode zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen / G. Wricke // Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. – 1962. – V. 47. – № 1. – P. 92.
6. *Finlay, K.W.* The analysis of adaptation in a plant breeding programme / K.W. Finlay, G.N. Wilkinson // Australian Journal of Agricultural Research. – 1963. – V. 14. – P. 742-754.
7. *Eberhart, S.A.* Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell. – 1966. – V. 6. – № 1. – P. 36-40.
8. *Shukla, G.K.* Some statistical aspects of portioning genotype – environment components of variability / G.K. Shukla // Heredity. – 1972. – 29. – P. 237-245.

9. Kang, M.S. Ecovalence and stability variance / M.S. Kang // In book: Handbook of formulas and software for plant geneticists and breeders. Haworth Press Inc. New York. – 2003. – P. 123-127.

10. Kang, M.S. STABLE: a BASIC program for calculating stability and yield stability statistics / M.S. Kang, R. Magari // Agronomy Journal. – 1995. – 87. – P. 276-277.

11. IRRISTAT 4.3 for Windows. Tutorial manual. // Biometrics units International Rice Research Institute. – 2002. – 182 p.

12. 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.

13. Методика селекции многолетних трав / ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса; [А.М. Константинова и др.]. – М.: [б. и.]. – 1969. – С. 110.

STABILITY OF THE DRY MATTER YIELD OF ORCHARD GRASS (*DACTYLIS GLOMERATA* L.) VARIETIES
M.M. Khomyak

*The article deals with the results of the research on the environmental stability of 12 varieties and numbers of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.). Numbers 1580 (15+) and 1504 (8+) have the highest integral estimation based on the sum of the estimations on yield and stability of 1 cut. These varieties combine high yield of dry matter (5,803-6,209 t/ha) with stability variance (-0,016-0,077). In terms of aftergrass yield and stability numbers 1504 (14+), 1514 (12+), 1595 (11+) and 1580 (10+) have the highest integral estimation. According to the results of 1 cut and aftergrass late varieties Boikivchanka, Marichka and number 1516 have the lowest integral estimation. The use of the integral estimation allows identifying the numbers of orchard grass 1580, 1504, and 1514 which are the most valuable for breeding.*

УДК 633.2:633.361:631.544

УРОЖАЙНОСТЬ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ЭСПАРЦЕТА ПЕСЧАНОГО

И.А. Черепок, А.А. Боровик, Е.И. Чекель, кандидаты с.-х. наук,
Р.Д. Кишко, В.В. Крицкая, научные сотрудники
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 22.03.2019)

Рецензент: Бирюкович А.Л., канд. с.-х. наук

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований эспарцета песчаного в чистых и смешанных агрофитоценозах в условиях центральной части Республики Беларусь. Дана оценка поведения основного бобового компонента в смесях при выращивании без применения гербицидов.

Развитие животноводства и повышение его продуктивности сдерживается не столько недостатком кормов, сколько несбалансированностью их по содержанию белка и сахара, что является причиной значительного перерасхода кормов и повышенными затратами на единицу животноводческой продукции.

Решать данную проблему следует путем возделывания смешанных агрофитоценозов бобовых и злаковых культур, которые позволяют обеспечить не только высокие и устойчивые урожаи высококачественной зеленой массы, но и

получать неполегаемый травостой и создавать благоприятные условия для последующих культур севооборота.

Многолетние травы и их смеси по сравнению с другими кормовыми культурами низкзатратны, в течение всего года более полно используют влагу и питательные элементы на формирование урожая. Травосмеси лучше поедаются, перевариваются, усваиваются, при уборке и приготовлении сена, сенажа, силоса и травяной муки бывает меньше потерь, кроме того, выше качество животноводческой продукции. Травосмеси из многолетних кормовых растений полнее, чем чистые посевы, используют солнечную энергию, питательные вещества из почвы, углекислый газ и азот из воздуха.

Для научного обоснования и управления количеством и качеством урожая создаваемых агрофитоценозов на разных этапах их жизни важно знать, как складываются взаимоотношения растений в чистых и смешанных посевах и какие при этом выделяются типы поведения трав, каков механизм формирования продуктивности растений. При разработке технологии создания смешанных агрофитоценозов возникает необходимость изучения их морфологических, экологобиологических и технологических особенностей, кормовых достоинств, экономической и экологической (энергетической) эффективности.

Главными структурными элементами агрофитоценозов являются видовой и популяционный состав, количественные и конкурентные отношения между компонентами, характер размещения растений по площади и ярусность [2, 5, 9]. При посеве нескольких культур с разным ритмом развития, типом корневой системы, степенью устойчивости к засухе происходит такая подгонка «экологических» ниш, которая позволяет растениям использовать ресурсы более полно. Конкуренция между видами ослабляется, стабильность растительного сообщества повышается, его продуктивность возрастает.

В искусственном фитоценозе, созданном на принципах природного сообщества видов, занимающих различное пространство, виды будут дополнять друг друга во времени, а сообщество будет характеризоваться устойчивостью, свойственной природным экосистемам. Поэтому при создании высокопродуктивного искусственного растительного сообщества необходимо добиваться совмещения видов с благоприятным аллелопатическим влиянием, например, азотфиксаторы (бобовые) и азотопотребители (в первую очередь злаковые), тем самым по возможности свести к минимуму антагонистические эффекты [1, 6]. Зачастую отрицательное воздействие компонентов травостоя друг на друга обусловлено различиями в скорости формирования надземных органов. В этом случае снизить конкурентную напряженность можно путем включения в состав травосмеси видов и сортов, сходных по ритму развития в процессе вегетации [4].

Из многочисленных факторов эффективности смешанных посевов, влияющих на величину и качество урожая зеленой массы, подбор компонентов, густота стояния и др., требуют дальнейшего изучения и постоянного совершенствования [2, 8].

Эспарцет песчаный для Беларуси относительно новая культура. Поэтому проведение исследований по возделыванию его в смесях является своевременным и необходимым.

Методика проведения исследований. Полевые опыты проводили на полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, связнупесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины 0,8 м, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: рН (в КСl) – 6,0-6,3; P₂O₅ – 240-260 мг/кг, K₂O – 180-220 мг/кг почвы, гумус – 2,11-2,14%. Закладка опытов, анализ, статистическая и математическая обработка полученных результатов проводились по общепринятым методикам [3, 7].

Площадь делянки 10 м², повторность четырехкратная. При посеве травосмесей использовали сеялку фирмы Amasone (Германия). Посев осуществляли в третьей декаде апреля согласно схеме опытов.

В летне-осенние периоды 2016-2018 гг., когда проходило формирование двух укосов эспарцета песчаного в чистых и смешанных посевах, погодные условия были удовлетворительными и характеризовались умеренным количеством осадков и оптимальными температурами, что способствовало нарастанию зеленой массы и формированию продуктивного травостоя. Учет урожайности зеленой массы проводил по общепринятой методике в фазу конец бутонизации эспарцета.

Результаты исследований. При посеве эспарцета песчаного в чистом виде на 1 м² высевалось 500 всхожих семян. Влажная с достаточным количеством осадков погода способствовала дружному появлению всходов. Количество взошедших растений в одновидовом посеве эспарцета составило 201 шт./м². При половинной норме высева в травосмеси количество взошедших растений основного компонента, эспарцета песчаного, колебалось от 99 до 131 шт./м². Полевая всхожесть семян эспарцета при этом варьировала в пределах 39,6-52,4%. Минимальной она была в варианте эспарцет + люцерна + фестулолиум. Полевая всхожесть второго бобового компонента (люцерны посевной) в этом варианте составила 31,6% и была самой низкой среди изучаемых компонентов травосмесей. Максимальная всхожесть эспарцета была отмечена в варианте эспарцет + фестулолиум.

Всхожесть фестулолиума составила 50,4-77,2% при количестве всходов у злакового компонента 126-193 шт./м². Количество всходов у тимopheевки в двойных травосмесях составило 103-109 шт./м² (полевая всхожесть 41,2-43,6%) и было выше, чем в тройной; в тройной травосмеси – 91 шт./м² (полевая всхожесть 36,4%).

Последующие наблюдения за ростом, развитием и сохранностью растений показали, что протекающие в травостое процессы находятся в тесной зависимости от складывающихся погодных условий, первоначального развития растений. Влияние на сохранность основного компонента смеси (эспарцет песчаный) также оказывали дополнительные компоненты. Выпадение растений в процессе роста и развития происходило не только от пересыхания верхнего слоя почвы, но и от конкуренции за влагу и питание между компонентами. Сохранность

растений основной культуры эспарцета в опыте была в пределах от 63,2-78,6%. Минимальной сохранность растений эспарцета была в трехкомпонентной смеси с клевером и тимофеевкой – 63,2%. Количество растений перед уходом в зиму в трехкомпонентных смесях варьировало от 73 до 75 шт./м², в двухкомпонентных – от 81 до 92 шт./м². Максимальным количество растений эспарцета было в контрольном варианте и составило 151 шт./м².

Перезимовка растений основной культуры и ее компонентов была на достаточно высоком уровне. Так, количество растений после перезимовки у эспарцета песчаного в одновидовом посеве составило 113 шт./м², перезимовка 88,0%; в двухкомпонентных смесях количество растений варьировало от 77 до 85 шт./м², перезимовка составила 89,5-96,2%; в трехкомпонентных соответственно 59-67 шт./м² и 79,7-90,4%. У злакового компонента фестулолиума перезимовка составила 83,2-88,1%, у тимофеевки 88,7-90,7%. Процент перезимовки клевера был высоким и составил 91,1%, люцерны – 83,3-83,8%.

Урожайность зеленой массы эспарцета и травосмесей с его участием в первом укосе колебалась в пределах 123,5-136,7 ц/га у вариантов с одновременным совместным весенним посевом и в пределах от 126,2 до 149,1 ц/га у вариантов с разновременным посевом с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры.

Урожайность зеленой массы эспарцета и травосмесей с его участием во втором укосе первого года жизни колебалась в пределах 144,0-224,0 ц/га в вариантах с одновременным совместным весенним посевом и в пределах от 116,0 до 188,0 ц/га в вариантах с разновременным посевом с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры. Наименьшая урожайность зеленой массы во втором укосе первого года жизни составила 116 ц/га и была отмечена в варианте с разновременным посевом эспарцета и тимофеевки. В варианте с одновременным посевом эспарцета, клевера лугового и тимофеевки она была максимальной при значении 224,0 ц/га.

Необходимо также отметить, что урожайность во втором укосе эспарцета в смеси с тимофеевкой и в варианте с добавлением фестулолиума при одновременном посеве была выше, чем при разновременном, а в тройной травосмеси (с участием эспарцета, люцерны и фестулолиума), наоборот.

В сумме за два укоса в первый год вегетации наибольшая урожайность была сформирована в вариантах с посевом эспарцета в чистом виде (351,1 ц/га), а также в тройной травосмеси с участием эспарцета, клевера лугового и тимофеевки (347,5 ц/га) (таблица).

В первом укосе в год посева в травосмесях с участием эспарцета песчаного основная доля зеленой массы (до 85,0%) приходилась на разнотравье (преимущественно марь белая, фиалка полевая и ярутка полевая). Во втором укосе на долю эспарцета в чистом виде приходилось 92%. При добавлении фестулолиума долевое участие эспарцета составило 55,5% при одновременном посеве и 54,5% при разновременном посеве. На долю злакового компонента в такой травосмеси приходилось 35,4-39,6%, остальное – разнотравье. При добавлении в травосмесь тимофеевки доля эспарцета в общем урожае составила 40,8-48,3%. В тройной травосмеси с добавлением клевера лугового и тимофеевки на эспар-

Таблица – Урожайность зеленой массы и сухого вещества травосмесей с участием эспарцета песчаного

Вариант	Урожайность*, ц/га			Средняя за 2 года пользования (2017-2018 гг.), ц/га
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	
Одновременный совместный весенний посев				
Эспарцет песчаный	<u>351,1</u> 67,4	<u>477</u> 90,7	<u>384</u> 74,9	<u>431</u> 82,8
Эспарцет песчаный + фестулолиум	<u>273,2</u> 55,9	<u>515</u> 109,9	<u>463</u> 102,2	<u>489</u> 106,1
Эспарцет песчаный + тимофеевка луговая	<u>319,5</u> 64,4	<u>520</u> 106,1	<u>517</u> 108,1	<u>519</u> 107,1
Эспарцет песчаный + клевер луговой + тимофеевка луговая	<u>347,5</u> 69,2	<u>660</u> 123,2	<u>690</u> 128,3	<u>675</u> 125,8
Эспарцет песчаный + люцерна посевная + фестулолиум	<u>280,7</u> 56,3	<u>506</u> 100,7	<u>615</u> 124,1	<u>561</u> 112,4
Разновременный посев с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры				
Эспарцет песчаный + фестулолиум	<u>258,2</u> 49,7	<u>522</u> 93,8	<u>425</u> 85,2	<u>474</u> 89,5
Эспарцет + тимофеевка луговая	<u>265,1</u> 52,3	<u>533</u> 94,6	<u>443</u> 93,7	<u>488</u> 94,2
Эспарцет песчаный + люцерна посевная + фестулолиум	<u>329,5</u> 65,1	<u>559</u> 106,0	<u>565</u> 117,1	<u>562</u> 111,6
НСР ₀₅	<u>15,7</u> 2,9	<u>33,4</u> 7,9	<u>35,8</u> 8,2	

*в числителе – урожайность зеленой массы, в знаменателе – урожайность сухого вещества

цет приходилось 29,5%, на клевер луговой 52,9%, на тимофеевку и разнотравье – 17,6%. При включении в травосмесь фестулолиума и люцерны доля эспарцета была наименьшей и составила 34,5% при одновременном посеве и 45,7% при разновременном посеве. Люцерна составила 20,4% и 18,3%, фестулолиум – 39,6% и 34,2%, доля разнотравья – 5,5% и 1,8% при одновременном и разновременном сроках посева соответственно.

Урожайность зеленой массы травосмесей с участием эспарцета за два укоса в 2017 г. колебалась в пределах 506-660 ц/га у вариантов с одновременным совместным весенним посевом и в пределах 522-559 ц/га у вариантов с разновременным посевом с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры. Средняя урожайность травостоя эспарцета песчаного за два укоса без подсева других видов составила 477 ц/га. Максимальная урожайность зеленой массы (660 ц/га) была зафиксирована в тройной травосмеси с участием эспарцета, клевера и тимофеевки. Причем доля эспарцета в этой травосмеси в первом укосе была наименьшей и составила 21,0%, на клевер луговой приходилось 44,1%, на тимофеевку – 34,9% от общей урожайности зеленой массы; во втором укосе доля эспарцета составила 16,6%, тимофеевки 18,7% и клевера 64,7%.

Урожайность сухого вещества эспарцета и травосмесей с его участием за два укоса находилась в пределах от 90,7 до 123,2 ц/га. Минимальной урожай-

ность сухого вещества была в одновидовом посеве эспарцета, максимальная в тройной травосмеси с участием эспарцета, клевера и тимофеевки.

Ботанический состав травосмесей с участием эспарцета песчаного изменялся в зависимости от укоса и состава смеси. При посеве в чистом виде соотношение между эспарцетом и разнотравьем в первом укосе было 90,9 и 9,1% соответственно, во втором 88,8 и 11,2% (2017 г.). В двухкомпонентных смесях на долю эспарцета песчаного при одновременном совместном посеве приходилось в первом укосе 45,5-62,9%, во втором 66,2-76,4%. В трехкомпонентных смесях доля эспарцета при одновременном совместном посеве составила в первом укосе 21,0-43,9%, во втором 16,6-55,1%. При разновременном посеве с временным интервалом 30 дней после посева основной культуры доля эспарцета песчаного в двухкомпонентных смесях составила в первом укосе 68,3-80,5%, во втором 70,3-75,9%, а трехкомпонентной 42,0% и 50,6% соответственно.

Урожайность зеленой массы эспарцета и травосмесей с его участием в 2018 г. у вариантов с одновременным совместным весенним посевом колебалась в пределах от 245 до 407 ц/га в первом укосе и от 139 до 283 ц/га – во втором. В вариантах с разновременным посевом через 30 дней после посева основной культуры урожайность зеленой массы находилась в пределах от 274 до 325 ц/га в первом укосе и от 150 до 240 ц/га во втором укосе. Средняя урожайность травостоя эспарцета песчаного за два укоса без подсева других видов составила 384 ц/га и являлась минимальной. Максимальной она была в трехкомпонентных травостоях с участием клевера лугового и люцерны (615-690 ц/га). На долю первого укоса приходилось 56,2-66,1% урожая, на долю второго 33,9-43,8%.

Урожайность сухого вещества в сумме за два укоса была максимальной в трехкомпонентной смеси эспарцета с клевером и тимофеевкой и составила 128,3 ц/га. Немного уступила ей трехкомпонентная смесь с люцерной и фестулолиумом – 124,1 ц/га. В других вариантах урожайность сухого вещества находилась в пределах от 85,2 до 117,1 ц/га. Минимальной она была в одновидовом посеве эспарцета и составила 74,9 ц/га.

При одновременном совместном посеве основную долю от общей урожайности зеленой массы в трехкомпонентных смесях занимали клевер (первый укос 64,3%, второй 59,0%) и люцерна (первый 54,1%, второй 65,8%). Потеря доли основного компонента (эспарцета песчаного) в травосмесях связано с выпадением растений вследствие конкуренции с другими культурами, корневой гнили и биологической особенности культуры (эспарцет песчаный держится в травосмеси 3-5 лет).

Заключение

В ходе исследований установлена закономерность увеличения урожайности смешанных посевов эспарцета песчаного в сравнении с его одновидовыми посевами и выявлена высокая конкурентоспособность клевера лугового и люцерны посевной в таких травостоях. Так, при средней урожайности 675 ц/га зеленой массы трехкомпонентной травосмеси (эспарцет песчаный + клевер луговой + тимофеевка луговая) доля клевера в ней достигала 58,0%. На основании полученных результатов для создания урожайных травостоев с использованием

эспарцета песчаного можно рекомендовать включение в состав травосмеси второго бобового компонента.

Литература

1. Варламов, В.А. Агробиологическое обоснование формирования высокопродуктивных смешанных агрофитоценозов многолетних и однолетних кормовых культур в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.А. Варламов. – Пенза, 2008. – 51 с.
2. Васько, П.П. Продуктивность злаковых сенокосных травостоев на основе кострца безостого и ценотическая активность их компонентов / П.П. Васько, В.П. Синецкий, Л.Б. Авдеев // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – Вып. 44. – С. 231-239.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 31 с.
4. Дронова, Т.Н. Бобово-мятликовые травосмеси на орошаемых землях Нижнего Поволжья / Т.Н. Дронова. – Волгоград: «Здоровье и экология». – 2007. – 170 с.
5. Зайкова, В.А. Динамика луговых сообществ / В.А. Зайкова. – Л.: Наука, 1980. – 216 с.
6. Макаро, В.М. Продуктивное долголетие сенокосных травостоев на торфяной почве / В.М. Макаро, В.И. Поплевко // Сорты и технологии: инновации в растениеводстве: матер. Межд. науч.-практ. конф. – Щучин, 2010. – С. 146-149.
7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – 1983. – 197 с.
8. Петров, П.Т. Продуктивность одновидовых и смешанных посевов зернобобовых культур с ячменем при разных соотношениях компонентов и сроков уборки в условиях серых лесных почв Предуралья: дис. ... канд. с.-х. наук / П.Т. Петров. – Уфа, 2004. – 175 с.
9. Ракоцца, Э.Ю. Агроэкологическая эффективность поливидовых агрофитоценозов кострца безостого (*Bromopsis inermis holub.*) в условиях Приангарья: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Э.Ю. Ракоцца. – Иркутск, 2006. – 16 с.

EFFICIENCY OF LEGUME-GRASS MIXTURES ON THE BASIS OF HUNGARIAN SAINFOIN (*ONOBRYCHIS ARENARIA*)

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

*The article states the results of the research on Hungarian sainfoin (*Onobrychis arenaria*) in pure and mixed agrophytocenosis in the central part of Belarus. Carried out is the evaluation of the behavior of the main legume component in the mixture cultivated without herbicide.*

УДК 633.2/3.031

СПОСОБ ПОДБОРА КОМПОНЕНТОВ ТРАВΟΣМЕСЕЙ ДЛЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СЕНОКОСНЫХ ТРАВОСТОЕВ

П.П. Васько, кандидат биол. наук, ***Е.Р. Клыга***, кандидат с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 16.04.2019)

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

Аннотация. С использованием Индекса равномерности роста проведена оценка и выделены сорта многолетних трав с высокой адаптационной способностью для сенокосных травосмесей. За период исследований в 2016-2018 гг. установлено, что при трех – и четырехукосном использовании наиболее продуктивными являются травостой на основе фестулолума с люцерной или с клевером ползучим (75-78 ц/га до 93-109 ц/га сухого вещества), а

для трехукосного использования наиболее пригодны травостои на основе кострца с люцерной (87 до 117 ц/га сухого вещества). Внесение азотных удобрений в дозе 30 кг/га и 60 кг/га под каждый укос бобово-злаковых травостоев с участием люцерны обеспечивало наибольший валовой сбор сырого протеина (18,5-23,5 ц/га).

Введение. Продуктивность улучшенных сенокосов и пастбищ в среднем по республике составляет 32-35 ц/га кормовых единиц. Заготовка травяных кормов проводится с травостоев 1 укоса, а со второго укоса – лишь с 50% площадей сенокосов. Травостои третьего укоса используются только в отдельных хозяйствах. Установлено, что трех- и четырехукосные травостои формируют высокоэнергетический и протеиновый корм. Поэтому переход на трех- и четырехукосные травостои обеспечит корма с содержанием сырого протеина 16-18% и обменной энергии не менее 10 МДж/кг сухого вещества.

Многими исследованиями доказано, что качество урожая многолетних трав зависит от числа скашиваний. С увеличением частоты отчуждения травостоев улучшаются кормовые качества получаемой массы [3].

При сенокосном режиме использования в опытах Д.В. Якушева увеличение числа скашиваний до 4-х приводило к снижению урожайности люцерно-злаковой травосмеси до 21% по сравнению с 3-х кратным использованием [7]. В исследованиях Б.М. Кардашина двукратное скашивание травостоев обеспечивало максимальную урожайность надземной массы многолетних трав [1]. Напротив, по данным F. Zürn, трех- и четырехкратное скашивание при внесении N_{30-40} под каждый укос было наиболее продуктивным в сравнении с двукратным и обеспечивало значительно больший выход сырого протеина. Также в опытах Н. Козловой с увеличением частоты скашиваний с 2 до 4, хоть и приводило к незначительному снижению урожая, увеличивало сбор протеина с 12,5 до 15,6 ц/га [2]. По результатам Н.Н. Лазарева одновидовые посевы бобовых трав и их травосмеси обеспечивали получение кормов, богатых сырым протеином (16,87-21,9%) с невысоким содержанием сырой клетчатки – от 20,89 до 24,94% при трехукосном режиме скашивания [4].

Нами проанализированы способы подбора видов многолетних трав для сенокосных и пастбищных травосмесей. Известны способы подбора видов на основе полуверховых и низовых видов трав (Мееровский А.С., 2009); по темпам отрастания весной и в последующие циклы стравливания (Минина И.П., 1972); асинхронности ритмов роста в онтогенезе (Васько П.П.). Подбор сортов, приспособленных к определенной амплитуде ритмов роста в течение вегетации, позволяет им полнее использовать условия жизнедеятельности в определенный период и накапливать большую биомассу, сменяя друг друга в течение вегетации и тем самым обеспечивая высокую продуктивность и равномерное поступление зеленого корма.

Предметом наших исследований была разработка составов сенокосных травосмесей с трехукосным использованием на основе кострца безостого и фестулолиума, которые обеспечат формирование травостоев с продуктивностью 80 ц/га сухого вещества и содержанием обменной энергии не менее 10 МДж/кг сухого вещества.

Методика проведения исследований. Исследования проводили в период 2016-2018 гг. в полевых условиях на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, подстилаемой на глубине 50-70 см песками, со следующей агрохимическими характеристиками: 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. Исследования проводили согласно методике опытов на сенокосах и пастбищах [5]. Уборку урожая проводили в фазу флагового листа злаковых видов кормоуборочным комбайном Hege-212.

Минеральные удобрения вносили в год посева (2016) под предпосевную культивацию в дозе Р₆₀К₉₀. Азотные удобрения применяли по следующей схеме:

N₀ – контроль,

N₃₀ – в начале вегетации и в период формирования каждого последующего укоса,

N₆₀ – в начале вегетации и в период формирования каждого последующего укоса.

Продуктивность растений взаимосвязана с амплитудой колебаний их линейного роста, на основании чего В.С. Шевелуха и П.П. Васыко в 1978 г. был предложен показатель индекса равномерности роста, который рассчитывается как отношение минимальных и максимальных приростов в среднем за определенный период ($I = \min/\max$) [6]. Нами данный индекс был использован как математический инструмент оценки равномерности поступления зеленого корма в течение вегетации и рассчитывался как отношение минимального уровня урожайности к максимальному уровню урожайности зеленой массы, формирувавшемуся в 1-м укосе.

Результаты исследований и обсуждение. Вторая половина вегетационного периода 2016 г. характеризовалась засушливыми условиями. Вегетационный период 2017 г. проходил при прохладной погоде с недостатком осадков в мае, засушливыми условиями в июне и высокими температурами воздуха с регулярными осадками во второй половине вегетации. Высокая интенсивность ростовых процессов многолетних трав весной 2018 г. обусловлена теплыми погодными условиями. Формирование травостоев 2 и 3 укосов проходило в условиях дефицита влаги (влажность почвы составляла 6,9-6,5%).

Проводили оценку сортообразцов фестулолиума и костреча безостого на адаптивность к условиям выращивания по индексу равномерности кривой онтогенетического хода формирования урожайности зеленой массы, которая определялась уровнем обеспеченности факторов жизнедеятельности в эти периоды. Результаты оценки свидетельствуют о наличии сортообразцов с высоким адаптационным потенциалом.

Среди сортообразцов фестулолиума выделались по индексу следующие образцы: *Удзячны, Метеор, №1202-1, №616-6 и №618-2* (райграсовый морфотип); сортообразцы овсяничного морфотипа: *№03-3-1, №05-12-1, №406-2,*

№408-3. Среди сортов костреца безостого выделились сорта *Усходні* и *Выдатны* (таблица 1).

Таблица 1 – Индекс равномерности кривой онтогенетического хода формирования урожайности зеленой массы травостоев 2 г.п.

Фестулолиум	Индекс равномерности кривой	Кострец безостый	Индекс равномерности кривой
Удзячны st	0,60	Усходні	0,51
Метеор	0,61	Выдатны	0,56
1202-1	0,60		
616-6	0,66		
618-2	0,65		
03-3-1	0,66		
05-12-1	0,67		
406-2	0,70		
408-3	0,61		
408-5	0,60		

Выделившиеся сорта и сортообразцы могут включаться в сенокосные и пастьбищные травосмеси, которые обеспечат более равномерное поступление зеленого корма в течение вегетации. В статье изложены результаты исследований с районированными сортами костреца безостого *Усходні* и *Выдатны*, а также с сортом фестулолиума *Удзячны*, являющегося стандартом, и находящимся в Госсортоиспытании сортом *Метеор*.

Подбор бобового компонента проводился по интенсивности отрастания травостоя 1 укоса и синхронизации сроков прохождения межфазного периода «начало бутонизации – массовая бутонизация» бобовых растений и межфазного периода «конец выхода в трубку – флаговый лист» злаковых трав.

В 2018 г. фазы начало бутонизации люцерны достигла на 55 сутки с начала вегетации, межфазный период начало бутонизации – массовая бутонизация продолжался до 63 суток, клевер луговой – на 58 и 64 сутки, клевер ползучий – на 50 и 57 сутки соответственно; кострец безостый и фестулолиум проходили синхронно межфазные периоды «конец стеблевания – флаг-лист» на 60-64 сутки с начала вегетации.

Поэтому в состав сенокосной травосмеси были включены сорта костреца безостого *Усходні* и *Выдатны*, имеющие показатель индекса равномерности кривой онтогенеза выше 0,50 и люцерны посевная сорт *Будучыня*.

В травосмесь на основе фестулолиума включены сорта *Удзячны* и *Метеор* с индексом равномерности кривой онтогенеза 0,60 и характеризующиеся асинхронными ритмами роста, с клевером луговым раннеспелым сортом *Лев* и вторая травосмесь с клевером ползучим сорта *Матвей* и *Чародей* с асинхронными ритмами роста.

Онтогенетический ход формирования травостоев в засушливые годы свидетельствует о том, что доля урожайности зеленой массы бобово-злаковых тра-

востоев 1 укоса составляла от 52,2% (кострец + люцерна) до 58,9% (ежа + фестулолиум + клевер ползучий) от общего урожая за вегетацию. Внесение азотных удобрений существенно не изменило закономерности формирования урожая в онтогенезе. Доля урожайности зеленой массы травостоев 2-го укоса, который формировался в засушливых условиях, составляла 19,2-22,6% от общего урожая (таблица 2). Доля урожайности бобово-злаковых травостоев 3-го укоса в онтогенезе составила 20,4-27,5%, а злаковых – 17,2-19,3%.

Доля бобового компонента в бобово-злаковых травостоях в 1 укосе зависела от состава травосмесей и составляла: клевер ползучий – 19,8%, клевер луговой – 56,2%, люцерна – 41,1-55,1%. Во втором и третьем укосе доля бобового компонента в урожае возрастала, а доля злакового компонента снижалась. Мочковатая корневая система злаков расположена вблизи поверхности почвы и сильнее страдает от дефицита влаги.

В среднем за 2016-2018 гг. на безазотном фоне наибольшую урожайность зеленой массы сформировали травостои люцерны с кострцом и люцерны с ежой (412,5 и 425,8 ц/га), существенно ниже уровень урожайности был у травостоев фестулолиума с клеверами и люцерной – 374,0-387,5 ц/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность зеленой массы в зависимости от уровня минерального питания, ц/га (среднее за 2016-2018 гг.)

Состав травосмеси	Доза азота, кг д.в./га					
	0	90	± к фону No, %	180	± к фону No, %	Среднее по опыту
Фестулолиум + клевер ползучий	374,0	436,7	16,8	502,6	34,4	437,8
Фестулолиум + клевер луговой	380,2	482,7	27,0	521,7	37,2	461,5
Фестулолиум + люцерна	387,5	511,9	32,1	568,6	46,7	489,3
Кострец + люцерна	412,5	549,2	33,1	606,7	47,0	522,8
Ежа + овсяница тростниковая + фестулолиум + клевер белый	333,5	463,0	39,4	509,4	52,7	435,3
Люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговой + тимфеевка	425,8	535,7	25,8	589,4	38,4	517,0

НСР₀₅ Ф1/Ф2

24,3/21,5

Примечание: Ф1 – травосмесь, Ф2 – доза азотных удобрений.

Внесение азота в дозе 30 кг/га д.в. под каждый укос повышало урожайность бобово-злаковых травостоев в среднем на 29,0% или 496,5 ц/га, увеличение дозы азота до 60 кг/га под каждый укос способствовало росту урожайности зеленой массы бобово-злаковых травостоев в среднем до 549,7 ц/га или на 42,6% выше варианта без азота.

При внесении азота в дозе 30 кг/га под укос наибольшую урожайность зеленой массы формируют травостои на основе люцерны с кострцом и ежой –

549,2 и 535,7 ц/га соответственно, а при дозе 60 кг/га азота эти травостои формировали урожайность зеленой массы на уровне 606,7 и 589,4 ц/га.

Наиболее урожайными в среднем за 2016-2018 гг. засушливые годы являются бобово-злаковые травосмеси люцерны в смеси с кострцом или ежой, которые формируют 3-4 укоса со средней по фонам азота урожайностью зеленой массы 517-522,8 ц/га. Урожайность зеленой массы травостоев люцерны с фестулолиумом была существенно ниже (489,3 ц/га).

Травостои фестулолиума с клеверами формировали урожайность зеленой массы на уровне 435-461 ц/га. Для формирования такой урожайности злаковыми травостоями требуется внесение азотных удобрений в дозе 180 кг/га д.в. азота.

Урожайность сухого вещества за вегетацию в среднем за 2016-2018 гг. на безазотном фоне составила у травостоев люцерны с кострцом и с ежой 84,0-87,3 ц/га, у бобово-злаковых травостоев на основе фестулолиума – 74,8-77,9 ц/га. Внесение азота в дозе 30 кг/га под каждый укос способствовало накоплению сухого вещества, урожайность бобово-злаковых травостоев с люцерной – 104,3-108,4 ц/га, на основе фестулолиума – 84,9-99,8 ц/га (таблица 3).

Таблица 3 – Продуктивность бобово-злаковых сенокосных травостоев (среднее за 2016-2018 гг.)

Состав травосмеси	Доза азота, кг/га	Урожайность сухого вещества, ц/га	Сбор сырого протеина, ц/га	Выход обменной энергии, ГДж/га
Фестулолиум + клевер белый	0	74,8	11,8	76,8
	90	84,9	14,2	88,3
	180	93,4	16,5	98,8
Фестулолиум + клевер луговой	0	77,9	11,7	79,6
	90	94,6	15,3	98,2
	180	101,2	17,8	106,8
Фестулолиум + люцерна	0	77,9	14,0	78,6
	90	99,8	18,5	103,1
	180	109,8	21,7	115,1
Кострец + люцерна	0	87,3	16,4	87,6
	90	108,4	20,2	109,6
	180	116,9	23,5	119,8
Ежа + овсяница тростниковая + фестулолиум + клевер ползучий	0	63,1	9,9	63,7
	90	89,6	14,6	91,2
	180	98,1	17,1	101,8
Люцерна + клевер луговой + ежа + овсяница луговая + тимофеевка	0	84,0	15,4	89,9
	90	104,3	19,5	109,1
	180	114,5	22,2	122,0

Увеличение дозы азота до 60 кг/га под каждый укос обеспечило прирост сухого вещества бобово-злаковых травостоев, урожайность сухого вещества травостоев люцерны с кострцом и люцерны с ежой составила 114,5-116,9 ц/га, а травостоев фестулолиума с люцерной и клеверами – 93,4-101,2 ц/га.

Ботанический состав сенокосных травосмесей определял качество травяных кормов, содержание сырого протеина и концентрацию обменной энергии.

Наибольшее содержание сырого протеина на безазотном фоне наблюдалось в травостоях люцерны с кострцом – 18,8%, люцерны с ежой – 18,4% и люцерны с фестулолиумом – 18,0%, в бобово-злаковых травостоях – 15,1-15,7%. Концентрация обменной энергии в сухом веществе составляла на фоне без азота от 10,50 МДж/кг в бобово-злаковых травостоях до 11,19 МДж/кг при внесении 60 кг/га азота.

Валовой сбор сырого протеина и обменной энергии зависел от их содержания в сухом веществе и урожайности сухого вещества. Наибольший валовой сбор сырого протеина (фон без азота) наблюдался с травостоев люцерны с кострцом – 16,4 ц/га, люцерны с клевером луговым и ежой – 15,4 ц/га, люцерны с фестулолиумом – 14,0 ц/га, другие бобово-злаковые травостои – 9,9-11,8 ц/га.

Внесение 30 кг/га азота под каждый укос бобово-злаковых травостоев способствовало накоплению валового сбора сырого протеина на уровне 18,5-20,2 ц/га травостоями люцерны с кострцом, люцерны с ежой и люцерны с фестулолиумом, травостоями фестулолиума с клевером луговым или клевером ползучим – 14,2-15,3ц/га. При внесении 60 кг/га азота валовой сбор сырого протеина достиг 21,7-23,5 ц/га у травостоев с участием люцерны и 16,5-17,8 ц/га травостоями с участием клеверов.

Аналогичная закономерность наблюдается по валовому сбору обменной энергии. Наибольший валовой сбор обменной энергии на безазотном фоне получен с травостоев люцерны с кострцом и ежой 87,6-89,9 ГДж/га, с травостоев фестулолиума с клевером луговым и клевером ползучим – 76,8-79,6 ГДж/га.

Внесение азотных удобрений в дозе 30 и 60 кг/га под каждый укос способствовало накоплению сухого вещества и, соответственно, – валового сбора обменной энергии у травостоев с участием люцерны (103,1-109,6 ГДж/га), и 88,3-98,2 ГДж/га у травостоев фестулолиума с клеверами (фон 30 кг/га азота), и при дозе 60 кг/га азота соответственно 115,1-122,0 ГДж/га и 98,8-106,8 ГДж/га.

Выводы

1. Оценку и подбор компонентов проводили по индексу равномерности кривой онтогенетического хода формирования урожайности зеленой массы, в сенокосные травосмеси включались сорта, имеющие высокую адаптационную способность, выраженную показателем индекса выше 0,5.

2. Травостой на основе фестулолиума с люцерной или с клевером ползучим формируют высокую продуктивность при трех- и четырехукосном использовании – от 75-78 ц/га до 93-109 ц/га сухого вещества с содержанием сырого протеина 18,0-19,8% и обменной энергии 10,1-10,5 МДж/кг в зависимости от уровня минерального питания.

3. Наибольшую продуктивность при трехукосном использовании формируют бобово-злаковые травостои на основе кострца с люцерной – от 87 до 117 ц/га сухого вещества с содержанием сырого протеина 18,0-20,1% и обменной энергии – 10,1-10,3 МДж/кг в зависимости от уровня минерального питания.

4. Наибольший валовой сбор сырого протеина (фон без азота) наблюдался с травостоев люцерны с кострцом 16,4 ц/га, люцерны с клевером луговым и ежой 15,4 ц/га, люцерны с фестулолиумом 14,0 ц/га. Внесение азотных удобрений в дозе 30 кг/га и 60 кг/га под каждый укос обеспечивало валовой сбор сырого протеина бобово-злаковых травостоев с участием люцерны 20,2-23,5 ц/га, 19,5-22,2 ц/га и 18,5-21,7 ц/га соответственно.

Литература

1. Кардашин, Б.М. Создание и интенсивное укосное использование сеяных лугов в черноземной зоне Урала : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 06.01.12 / М.Б. Кардашин; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса. – Москва, 1975. – 25 с.
2. Козлова, Н., Огнетова, Н., Огнетова, Т. Влияние частоты скашивания на урожайность, ботанический и химический состав злаковой травосмеси // Повышение продуктивности природных и сеяных кормовых угодий. – Пермь, 1983. – С.154-162.
3. Куделин, Б.П. Сеяные многолетние травы / Б.П. Куделин. – Рига: «Зинатне», 1988. – 334 с.
4. Лазарев, Н.Н., Пятинский, Д.В. Продуктивное долголетие новых сортов люцерны (*Medicago sativa* L.) при интенсивном скашивании // Известия ТСХА. – 2016. – №5. – С. 39-54.
5. Методика опытов на сенокосах и пастбищах / В.Г. Игловиков [и др]. – М.: ВИК, 1971. – 233 с.
6. Шевелуха, В.С. Связь продуктивности ячменя с процессами роста и фотосинтеза / В.С. Шевелуха, П.П. Васко // Устойчивость зерновых культур к факторам среды: Сб. науч. тр. – Минск, «Ураджай», 1978. – С. 91-107.
7. Якушев, Д.В. Состав травостоя при различных приемах ухода и использования / Д.В. Якушев, Е.С. Кобыльченко // Кормопроизводство. – 1983. – №2. – С. 35-37.

METHOD OF SELECTION OF GRASS MIXTURE COMPONENTS FOR HIGH YIELD HAYMAKING GRASS STANDS P.P. Vasko, E.R. Klyga

Using growth uniformity index evaluation has been carried out and the varieties of perennial grasses with high adaptive capacity for haymaking grass mixtures have been identified. It's established that grass stands on the basis of Festulolium with alfalfa or Trifolium repens (from 75-78 dt/ha to 93-109 dt/ha) have the highest yield with three and four cut use. The grass stands on the basis of brome and alfalfa are the most suitable for three cut use. Application of nitrogen fertilizers in a dose of 30 kg/ha and 60 kg/ha to every cut of legume grasses with the use of alfalfa provides the largest gross output of raw protein (18,5-23,5 dt/ha).

УДК 633.853.494«321»/«324»:631.5:631.1(003.13)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА МАСЛОСЕМЯН ОЗИМОГО И ЯРОВОГО РАПСА

Я.Э. Пилюк, кандидат с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 21.05.2019)

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния технологий возделывания на урожайность и экономическая эффективность производст-

ва маслосемян озимого и ярового рапса. Установлено, что озимый и яровой рапс положительно отзываются на элементы интенсификации технологии возделывания, что способствует росту урожайности (на 55,6 и 36,5 %) и повышению эффективности возделывания масличных культур. Наибольший чистый доход (1751,6 и 1252,2 руб./га) и рентабельность (127,8 и 103,0 %) получены при возделывании озимого и ярового рапса по интенсивной технологии, что, соответственно, в 1,95 и 1,53 раза и на 47,7 и 26,1 % выше, чем при возделывании культуры по ресурсосберегающей технологии.

Возделывание рапса, как и других культур, одни хозяйства ведут экстенсивно, с минимальным применением средств химизации, другие хозяйства – интенсивно, с максимально рациональным вложением средств. Рапс хорошо отзывается на интенсификацию производства и является типичной культурой крупно-товарного производства [1].

В странах Западной Европы, обладающих идеальными почвенными и климатическими условиями для роста и развития этой культуры, возделывание озимого рапса ведется интенсивно, а урожайность составляет 35-40 ц/га и более. В то же время, опыт возделывания ярового рапса в Канаде показывает, что в суровых климатических условиях при возделывании рапса по ресурсосберегающей технологии на больших площадях (свыше 5 млн га) можно экономически эффективно получать 14-18 ц/га маслосемян при сравнительно меньших затратах.

Технология возделывания рапса в Беларуси предусматривает своевременное протравливание семян, строгое соблюдение рекомендованной для региона нормы высева, применение эффективных гербицидов, регуляторов и стимуляторов роста, обязательное проведение 2-3 обработок инсектицидами, внесение повышенных доз азотных удобрений, рациональное применение фунгицидов. Вместе с тем, небольшая норма высева семян озимого рапса (4-6 кг/га), в сравнении с зернобобовыми культурами (200-250 кг/га), в значительной степени компенсирует вышеназванные затраты.

Экономическая эффективность производства маслосемян озимого рапса при различном уровне вложения средств и соответственном уровне урожайности. Рентабельным при современных закупочных ценах (335 долл./т) является производство рапса с урожайностью 10 ц/га. С увеличением цен на азотные удобрения, топливо и электроэнергию экономически выгодным будет возделывание рапса при урожайности 11-12 ц/га. В настоящее время цена маслосемян рапса на Гамбургской бирже составляет свыше 400 долл./т., а в соседних Украине, России и Литве – от 390 до 405 дол./т маслосемян.

Почвенно-климатические условия Беларуси позволяют практически ежегодно получать 18-20 ц/га маслосемян при уровне рентабельности 50% и более.

При упущениях в технологии возделывании рапса: посеве семенами низких репродукций, ведущих к снижению качества маслосемян и их посевным и урожайным показателям, увеличении кислотного числа ввиду ранней уборки или с промедлением с сушкой маслосемена реализуются II классом и пригодны на технические цели. В этом случае рентабельность возделывания культуры будет существенно ниже.

Следовательно, экономически эффективное возделывание рапса возможно только при четком соблюдении его технологии, полным и своевременном обеспечении всего производственного процесса необходимыми средствами химизации и техникой.

Цель наших исследований – изучение и оценка хозяйственной и экономической эффективности различных по интенсификации технологий возделывания озимого и ярового рапса на маслосемена.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в 2017-2018 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве опытного поля РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» Смолевичского района Минской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,5-0,7 м мореной. Мощность пахотного горизонта 20-22 см. Содержание гумуса – 2,03-2,34%, P_2O_5 - 225-234 мг, K_2O – 182-205 мг/кг почвы, рН – 6,02-6,14. В качестве объектов исследований использовали озимый рапс сорт *Империял* и яровой рапс сорт *Герцог*. Опыты проводили согласно общепринятой методике [2]. Учетная площадь делянки 20 м², повторность 4-кратная. Схема опытов представлена в таблицах 1 и 3. Агротехника выращивания озимого и ярового рапса общепринятая для региона. Уход за посевами проводили согласно требованиям отраслевого технологического регламента возделывания озимого и ярового рапса [3, 4, 5]. Учет урожая проводили методом сплошного обмолота малогабаритным комбайном Nege по делянкам с пересчетом на 100% чистоту и 9% влажность. Метеорологические условия в период проведения исследований отличались от среднееголетних показателей, особенно по количеству атмосферных осадков, что позволило более объективно оценить влияние технологий возделывания озимого и ярового рапса на урожайность и показатели их экономической эффективности.

Результаты и обсуждение. Экономическая эффективность производства семян рапса, как и других сельскохозяйственных культур, зависит, прежде всего, от уровня его урожайности и цены реализации в сопоставлении с производственными затратами. В комплексных исследованиях установлено (таблица 1), что озимый рапс положительно отзывается на элементы интенсификации технологии возделывания.

Анализ экономической эффективности технологии возделывания озимого рапса в зависимости от уровня ее интенсификации показал, что производственные затраты на возделывание культуры по ресурсосберегающей технологии составили 1110,0 руб./га и возросли при увеличении уровня интенсификации возделывания (при интенсивной технологии) до 1420,2 руб./га или на 260,2 руб./га (23,4%). При этом стоимость дополнительной продукции увеличилась на 1115,4 руб./га или на 55,6% (таблица 2).

Наибольший чистый доход (1751,6 руб./га) и рентабельность (127,8%) были получены при возделывании озимого рапса по интенсивной технологии, что, соответственно, в 1,95 раза и на 47,7% выше, чем при возделывании культуры по ресурсосберегающей технологии. Себестоимость полученной продукции от повышения уровня интенсификации технологии возделывания озимого рапса

Таблица 1 – Урожайность маслосемян озимого рапса в зависимости от технологии возделывания (среднее за 2017-2018 гг.)

Фактор	Технологии возделывания	
	Ресурсосберегающая	Интенсивная (усовершенствованная)
N ₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ (под вспашку)	+	+
Протравители	Витарос, 2,5 л/т	Терция, 2,5 л/т + Табу, 6 л/т + Терра-сорб Комплекс, 1 л/т + ОрганоБор, 1,0 л/т
Норма посева, млн./га	0,9	0,6
Гербициды	Пронит 3,0 л/га (до всходов культуры)	
Подкормка азотными удобрениями	N ₉₀	N ₁₆₀ (80+80)
Некорневая подкормка	Борная кислота 0,5 кг/га (фаза бутонизации)	Полибор 0,5 + 0,5 л/га + Терра-сорб Комплекс 1,0 + 1,0 л/га + Мочевина 11 + 11 кг/га (фаза стеблевания+фаза бутонизации)
Борьба с вредителями	Пиринекс супер 0,7 л/га + Фастак 0,15 л/га	Пиринекс супер 0,7 л/га Фастак 0,15 л/га + Ньюфилм-17 0,2 л/га + Биская 0,3 л/га
Регулятор роста (осень)	-	Карамба турбо 1,2 л/га (фаза 4 листа)
Регулятор роста (весна)	-	Карамба турбо 1,0 л/га (фаза стеблевания ДК-31)
Борьба с болезнями	Колосаль, 1л/га (фаза конец цветения)	Пиктор, 0,4 л/га (фаза середина цветения)
Урожайность семян, ц/га	30,4	47,3

Таблица 2 – Экономическая эффективность различных технологий возделывания озимого рапса на маслосемена (среднее за 2017-2018 гг.)

Показатель	Технология возделывания	
	ресурсосберегающая	интенсивная (усовершенствованная)
Урожайность, ц/га	30,4	47,3
Стоимость продукции, руб./га	2006,4	3121,8
Производственные затраты, руб. /га	1110,0	1370,2
Чистый доход, руб./га	896,4	1751,6
Рентабельность, %	80,1	127,8
Себестоимость, руб./ц	36,5	30,0

уменьшилась на 17,8% за счет рационального использования средств химизации и последующего роста урожайности маслосемян озимого рапса.

Исследованиями установлено (таблица 3), что и яровой рапс положительно отзывается на элементы интенсификации технологии возделывания.

Расчет экономической эффективности технологии возделывания ярового рапса в зависимости от уровня ее интенсификации показал, что производственные затраты на возделывание культуры по ресурсосберегающей технологии со-

Таблица 3 – Урожайность семян ярового рапса в зависимости от уровня интенсификации технологии возделывания (среднее за 2017-2018 гг.)

Фактор	Технологии возделывания	
	Ресурсо сберегающая	Интенсивная (усовершенствованная)
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ (под вспашку)	+	+
Протравители	Витарос, 2,5л/т	Терция, 2,5л/т+Табу, 6 л/т + Терра-сорб Комплекс, 1 л/т + Органо Бор, 1,0 л/т
Норма высева, млн /га	1,7	1,5
Гербициды	Пронит 3,0 л/га (до всходов культуры)	
Подкормка азотными удобрениями	-	N ₃₀₊₂₀
Некорневая подкормка	Борная кислота 0,4 кг/га (фаза бутонизации)	Органобор 0,5+0,5 л/га + Биовермтехно 1,0+1,0 л/га + Мочевина 11+11 кг/га (фаза стеблевания+ фаза бутонизации)
Борьба с вредителями	Пиринекс супер 0,75 л/га + Фастак 0,15 л/га + Фастак 0,15 л/га по ЭПВ	
Регулятор роста	-	Тилмор 0,8 л/га (ДК 14-15), Рэгги 0,8 л/га (ДК 30-32)
Борьба с болезнями	Колосаль про, 0,5 л/га (по вегетации)	Пиктор, 0,4 л/га (ДК 65-66)
Урожайность семян, ц/га	27,4	37,4

Таблица 4 – Экономическая эффективность различных технологий возделывания ярового рапса на маслосемена (среднее за 2017- 2018 гг.)

Показатель	Технологии возделывания	
	Ресурсо сберегающая	Интенсивная (усовершенствованная)
Урожайность, ц/га	27,4	37,4
Стоимость продукции, руб./га	1808,4	2468,4
Производственные затраты, руб. /га	1022,4	1216,2
Чистый доход, руб./га	786,0	1252,2
Рентабельность, %	76,9	103,0
Себестоимость, руб./ц	37,3	32,5

ставили 1022,4 руб./га и увеличились при повышении уровня интенсификации возделывания (при интенсивной технологии) до 1216,2 руб./га или на 193,8 руб./га (19,0%). При этом стоимость дополнительной продукции возросла на 660,0 руб./га или 64,6% (таблица 4) при росте урожайности на 10,0 ц/га или 36,5%. Максимальный чистый доход (1252,2 руб./га) был получен при возделывании ярового рапса по интенсивной технологии, что на 59,3% выше, чем при возделывании культуры по ресурсосберегающей технологии. Рентабельность производства маслосемян ярового рапса (103,0%) была наибольшей при возделывании его по интенсивной технологии. Себестоимость полученной продук-

ции от повышения уровня интенсификации технологии возделывания ярового рапса уменьшилась на 12,9% за счет рационального использования средств химизации, что способствовало роста урожайности маслосемян культуры.

Выводы

1. Озимый и яровой рапс положительно отзываются на элементы интенсификации технологии возделывания, что способствует росту урожайности (на 55,6 и 36,5%) и повышению эффективности возделывания масличных культур. Средняя урожайность маслосемян рапса в зависимости от технологии возделывания достигала соответственно 30,4 и 47,3 ц/га у озимого и 27,4 и 37,4 ц/га у ярового.

2. Наибольший чистый доход (1751,6 и 1252,2 руб./га) и рентабельность (127,8 и 103,0%) были получены при возделывании озимого и ярового рапса по интенсивной технологии, что соответственно в 1,95 и 1,53 раза и на 47,7 и 26,1% выше, чем при возделывании культуры по ресурсосберегающей технологии.

3. Себестоимость полученной продукции от повышения уровня интенсификации технологии возделывания озимого и ярового рапса уменьшилась соответственно на 17,8 и 12,9% за счет рационального использования средств химизации, что способствовало роста урожайности маслосемян этих культур.

Литература

1. Пилюк, Я.Э. Рапс в Беларуси : (биология, селекция и технология возделывания) / Я. Э. Пилюк – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.

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

3. Технологические основы возделывания ярового рапса в Республике Беларусь / Я. Э. Пилюк [и др.] // Земледелие и защита растений. Масличные культуры: сорта и совершенствование технологии возделывания. – 2018. – Приложение к журналу № 1. – С. 33-37.

4. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / 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: Бел. навука, 2012. – С. 363-379.

5. 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: Бел. навука, 2012. – С. 380-396.

ECONOMIC EFFECTIVENESS OF DIFFERENT TECHNOLOGIES OF WINTER AND SPRING RAPE CULTIVATION

Ya.E.Pilyuk

The article presents the results of the research on the influence of the cultivation technologies on the yield and economic effectiveness of oilseeds production of winter and spring rape. It's established that winter and spring rape responds positively to the intensification elements of the cultivation technology what contributes to the yield growth by 55,6% and 36,5% and improvement of the effectiveness of oil crops cultivation. The biggest net profit (1751,6 and 1252,2 rubles/ha) and prof-

itability (127,8 and 103,0 %) are made when winter and spring rape is cultivated using the intensive technology. It is 1,95 and 1,53 times more and 47,7 and 26,1 % higher than when the crop is cultivated with the use of the resource saving technology.

УДК 631.811.4.6:633.521

ВЛИЯНИЕ ОБМЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Н.В. Степанова, канд. с.-х. наук

РУП «Институт льна»

(Поступила 11.05.2019)

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

Аннотация. В работе представлены результаты трехлетних исследований выращивания льна-долгунца на почве с повышенным для культуры содержанием карбонатов в почвенном поглощающем комплексе. Показана агрохимическая характеристика почвенных участков с обменной кислотностью в диапазоне 5,0-6,5. Приведена урожайность и качество полученных семян в зависимости от уровня pH_{KCl} . На почве с pH_{KCl} 6,3-6,5 установлен недобор семян 49-52%, повышение зараженности их семенной инфекцией крапчатым озонозом на 10-12%, бактериозом на 5-8%, а также снижение в семенах содержания макро-, микроэлементов и накопления белка.

В результате известкования почв высокими дозами известкового материала или неравномерного распределения его по площади поля происходит избыточное насыщение поглощающего комплекса почвы карбонатами. Обменные кальций и магний почвы переводят подвижные формы элементов питания в слабодоступное состояние и препятствуют их усвоению растениями-кальциефобами.

Высокое содержание в почве общих и активных карбонатов напрямую влияет на рост и развитие льна-долгунца. В результате этого лен поражается кальциевым (карбонатным) хлорозом, что проявляется в замедлении роста и развития растений, отмирании их точки роста, дополнительном развитии стеблей из пазух семядолей. При сильном развитии кальциевого хлороза растения льна погибают. Кальциевый хлороз, возникающий на почве с избыточным для культуры содержанием карбонатов, является следствием несбалансированности питания льна и, в первую очередь, из-за недостатка микроэлементов [1, 2, 3].

Физиологический оптимум кислотности почвы для льна pH_{KCl} 5,0-5,5 [4, 5, 6]. Из-за дефицита льнопригодных почв значительные площади посевов льна в республике ежегодно размещаются на полях, малопригодных по кислотности. В 2018 г. более 70% посевов льна размещалось на почвах с уровнем pH_{KCl} 5,6-6,0, на которых потенциальные потери урожая волокна от кальциевого хлороза превышают более 15%; 7% посевов – на почвах с уровнем pH_{KCl} 6,1-6,2, где потери урожая составляли 35% [7].

Целью данной работы являлось определение уровня урожайности и качества семян льна-долгунца при выращивании его на почвах с повышенным содержанием карбонатов в почвенном поглощающем комплексе.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2016-2018 гг. на опытных полях РУП «Институт льна» Оршанского района Витебской области. Объектом исследования являлся сорт льна-долгунца *Грант* селекции РУП «Институт льна».

Полевые опыты закладывали на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, развивающейся на лессовидном пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 1 м мареной, с содержанием в пахотном слое гумуса 1,8%, подвижных форм фосфора 160-200 мг/кг, калия 127-150 мг/кг почвы. Почвенные участки, характеризовались разным уровнем обменной кислотности почвы в диапазоне pH_{KCl} от 5,0 до 6,5, имели среднюю и высокую обеспеченность подвижными соединениями бора (0,64-0,99), среднюю обеспеченность медью (1,6-1,9) и цинком (3,1-4,9 мг/кг почвы).

Содержание обменного кальция в почве повышалось с 622-633 мг/кг на фоне pH_{KCl} 5,0-5,5 до 762-812 мг/кг почвы на фоне pH_{KCl} 6,3-6,5; обменного магния, соответственно, с 140-147 до 180-189 мг/кг почвы. Содержание подвижного марганца снижалось с 9-10 мг/кг при кислотности pH_{KCl} 5,0-5,5 до 8-9 мг/кг при pH_{KCl} 5,6-6,0; до 2 мг/кг при pH_{KCl} 6,3-6,5.

Опыты закладывали согласно общепринятой методике проведения полевых опытов [8]. Площадь общей делянки 28, учетной – 15 м², повторность четырехкратная. Способ посева льна – рядовой, гектарная норма высева семян 22,0 млн штук. Минеральные удобрения на гектар вносились в дозах: азота 30, фосфора 60, калия 90 кг/га д.в.

Семена льна-долгунца обрабатывали защитно-стимулирующим составом, включающим инсектицидный и фунгицидный протравители Витавакс 200ФФ, 34%, 2,0 л/т + Табу, 1,0 л/т, микроэлементы цинк 120 г/т, бор 100 г/т д.в.

Защиту посевов от сорной растительности и болезней проводили согласно отраслевому технологическому регламенту возделывания льна-долгунца [9]: защиту от сорной растительности композиционным составом Агритокс, 0,7 + Секатор турбо, 0,05 л/га (фаза «елочка») + Миура, 1,0 л/га (через 7 суток); от болезней листа и стебля – Алиот, 0,4 л/га (фазы «елочка» + бутонизация).

Уборку льна-долгунца осуществляли путем теребления посева (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты.

Пораженность льна болезнями определялась согласно практическому руководству по фитосанитарному контролю посевов льна-долгунца [10] и ГОСТу 12044-93 [11]. Степень угнетения ценоза кальциевым хлорозом определялась по соотношению сырой биомассы больных и здоровых растений [16]. Влияние обменной кислотности почвы на зараженность полученных семян льна-долгунца (урожай 2017-2018 гг.) болезнями определяли проращиванием их во влажной камере (термостате) в течение 7-8 суток при температуре 22-25 °С.

Химический состав семян определяли методом мокрого озоления с последующим определением микро- и макроэлементов [12, 13, 14]. Определение содержания сырого жира семян проводили методом экстракции по Сокслету [15].

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ полученных результатов показал, что в погодных условиях 2016-2018 гг. при выращивании льна-долгунца на почве с обменной кислотностью 5,0-5,5 урожайность семян соста-

вила 8,7-9,0 ц/га (рисунок 1). Повышение уровня рН_{KCl} почвы до 6,0 снижало ее на 22% и до рН_{KCl} 6,5 – 52%. Зависимость урожайности семян льна-долгунца от обменной кислотности почвы хорошо описывалась уравнением регрессии при высоком коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,93$).

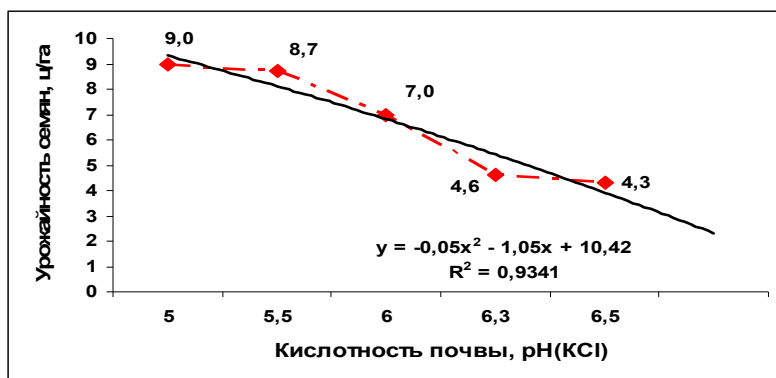


Рисунок 1 – Влияние обменной кислотности почвы на урожайность семян льна-долгунца (среднее за 2016-2018 гг.)

Повышенное содержание ионов кальция и магния в почве достоверно снижало массу 1000 семян с 5,7 г (рН_{KCl} 5,0) до 4,5-4,7 г (рН_{KCl} 6,5-6,3), количества коробочек на растении с 3,7 шт. (рН_{KCl} 5,0) до 2,9-3,1 шт. (рН_{KCl} 6,5-6,0) и семян в коробочке с 7,8 шт. (рН_{KCl} 5,0) до 6,5-6,8 шт. (рН_{KCl} 6,5-6,3) (таблица 1).

Таблица 1 - Влияние обменной кислотности почвы на структуру урожая семян льна-долгунца (среднее за 2017-2018 гг.)

Кислотность почвы, рН _{KCl}	Степень угнетения растений к уборке, %	Количество коробочек на растение, шт.	Количество семян, шт.		Масса 1000 семян, г
			в коробочке	на растении	
5,0	0	3,7	7,8	28,9	5,7
5,5	1,9	3,7	7,8	28,9	5,6
6,0	18,7	3,1	7,4	22,9	5,4
6,3	42,4	2,9	6,8	19,7	4,7
6,5	49,0	2,9	6,5	18,8	4,5

HCP, 05

0,11

0,52

1,8

0,42

Угнетение льна-долгунца прослеживалось на всем протяжении вегетации растений, начиная от фазы «елочка» до уборки (фаза ранней желтой спелости). К уборке степень угнетения льна-долгунца составила 19% на почве с рН_{KCl} 6,0, 42-49% – при посеве льна на почве с кислотностью рН_{KCl} 6,3-6,5.

Анализ грибкового и бактериального контаминирования семенного материала установил высокую инфицированность их крапчатостью (крапчатый озониз) и бактериозом. На почве с содержанием обменных кальция 622-633 и магния 140-147 мг/кг (рН_{KCl} 5,0-5,5) полученные семена по зараженности пато-

генами соответствовали СТБ 1123-98 [17]. С повышением уровня pH_{KCl} почвы с 5,0 до 6,5 пораженность семян крапчатостью возрастала с 8,0 до 20,0%, бактериозом с 10,0 до 18,5%, антракнозом (коллетотрихоз) с 0,5 до 2,5% (рисунок 2).

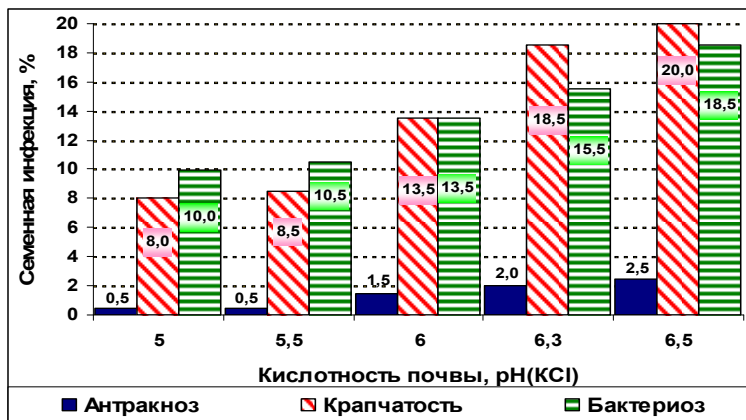


Рисунок 2 – Влияние обменной кислотности почвы на зараженность семян льна-долгунца болезнями

Насыщение поглощающего комплекса почвы кальцием и магнием влияло на содержание в семенах льна-долгунца сырого жира, белка, макро и микроэлементов. С повышением уровня pH_{KCl} почвы с 5,0 до 6,5 установлено снижение содержания в семенах азота с 3,78 до 2,24%, фосфора с 0,98 до 0,83%, калия с 1,08 до 0,88% и микроэлементов цинка с 92,4 до 76,4, меди с 4,93 до 3,18, марганца с 24,4 до 13,6 мг/кг сухого вещества (таблица 2), увеличение содержания кальция с 0,98 до 1,68 и магния с 3,38 до 3,62 г/кг сухого вещества.

Таблица 2 – Влияние обменной кислотности почвы на химический состав семян льна-долгунца

Кислотность почвы, pH_{KCl}	Содержание в сухом веществе							
	%			г/кг		мг/кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn
5,0	3,78	0,98	1,08	0,98	3,38	92,4	4,93	24,4
5,5	3,72	0,98	1,06	1,02	3,38	91,6	4,90	23,6
6,0	3,32	0,88	0,94	1,32	3,44	87,2	4,70	16,5
6,3	2,30	0,85	0,90	1,56	3,57	80,6	3,39	14,2
6,5	2,24	0,83	0,88	1,68	3,62	76,4	3,18	13,6

Количество белка в семенах снижалось с 20,8 до 12,3%, жира – с 39,3 до 38,4% (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние обменной кислотности почвы на содержание белка и жира в семенах льна-долгунца

Кислотность почвы, рН _{KCl}	Содержание кальция и магния, мг/кг почвы		Содержание, %		
	Ca	Mg	белка	жира	белок / жир
5,0	622	140	20,8	39,3	0,53
5,5	633	147	20,5	38,2	0,54
6,0	687	160	18,3	38,4	0,48
6,3	762	180	12,6	38,4	0,33
6,5	812	188	12,3	38,4	0,32

Выводы

1. На почве с содержанием обменных кальция 622-633 и магния 140-147 мг/кг (рН_{KCl} 5,0-5,5) возможно получение урожайности семян льна-долгунца на уровне 8,7-9,0 ц/га. Семена льна-долгунца, выращенные на этой почве, по зараженности патогенами соответствуют требованиям посевных стандартов и имеют высокое содержание белка, макро- (NPK) и микроэлементов (Zn, Cu, Mn).

2. Повышение в почве обменных кальция до 762-812 и магния до 180-188 мг/кг (рН_{KCl} 6,3-6,5) снижает урожайность семян на 49-52%, ухудшает их фитосанитарное состояние по инфицированию крапчатостью на 10-12% и бактериозом на 5-9%. Растения льна ощущают недостаток элементов питания, о чем свидетельствует снижение в семенах содержания NPK на 0,1-1,5%, цинка – на 11,8-16,0, меди – на 1,5-1,8 и марганца – на 10,2-10,8 мг/кг сухого вещества, а также накопления белка на 8,2-8,5%.

Литература

1. *Степанова, Н.В.* Возделывание льна на переизвесткованных почвах / Н.В. Степанова // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: межд. науч. конф., Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича, Минск, 26-28 окт. 2011. – Минск, 2011. – С. 194.
2. *Тихомирова, В.Я.* Очаговые неинфекционные болезни льна-долгунца / В.Я. Тихомирова, Л.М. Захарова // Защита и карантин растений. – 2013. – №4. – С. 49-50.
3. *Тихомирова, В.Я.* Опасность для льна-долгунца очагового переизвесткования почвы и способы ее ослабления. Вопросы известкования почвы / В.Я. Тихомирова. – М.: Агроконсалт, 2002. – 194 с.
4. *Прудников, В.А.* Проблемы кальциевого хлороза льна-долгунца / В.А. Прудников, П.А. Евсеев, Д.А. Белов // Льноводство: реалии и перспективы: матер. межд. науч.-практ. конф., Устье, 27-28 июня 2013 г. / РУП «Институт льна»; редкол.: В.А. Прудников [и др.]. – Могилев, 2013. – С. 127-133.
5. *Прудников, В.А.* Эффективность борного и цинкового удобрений на льне масличном в зависимости от кислотности почвы / В.А. Прудников, Д.А. Белов, П.А. Евсеев // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – №2. – С. 30-32.
6. *Прудников, В.А.* Влияние кислотности почвы на урожайность льна-долгунца / В.А. Прудников // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – №4. – С. 17-19.
7. *Прудников, В.А.* Влияние насыщения поглощающего комплекса почвы карбонатами на развитие льна-долгунца и формирование волокна / В.А. Прудников [и др.]. – Устье: РУП «Институт льна», 2019. – 40 с.

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

9. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В.Г. Гусаков, [и др.]. // Утв. Минсельхозпрод РБ. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 47 с.

10. Саскевич, П.А. Фитосанитарный контроль при возделывании льна-долгунца. Практическое руководство / П.А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2006. – 112 с.

11. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. ГОСТ 12044-93. – Введ. 21.10.1993. – Минск: Международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1993. – 55 с.

12. Вильдфлуш, И.Р. Агрохимия. Практикум: учеб. пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.

13. 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.

14. 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.

15. Семена масличные. Методы определения масличности. ГОСТ 10857-64. – Введ. 01.07.1964. – Москва: Международный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2010. – 6 с.

16. Прудников, В.А. О методике определения степени угнетения льна-долгунца кальциевым хлорозом / В.А. Прудников // Земледелие и защита растений. – 2019. – №1. – С. 50-51.

17. Семена зернобобовых, масличных и технических культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия». СТБ 1123-98. – Введ. 30.10.1998. – Минск: Госстандарт РБ, 1998. – 11 с.

INFLUENCE OF EXCHANGEABLE SOIL CAPACITY ON THE YIELD AND QUALITY OF FIBRE FLAX SEEDS

N.V. Stepanova

The paper presents the results of three-year-old research on fibre flax cultivation on the soil with increased content of carbonates. The agrochemical characteristic of soil lots with exchangeable soil capacity in the range of 5,0-6,5 is shown. The yield and quality of seeds depending on pH_{KCl} are stated. It's established that on the soil with pH_{KCl} 6,3-6,5 there is seed shortfall of 49-52%, seeds infected with oozonium by 10-12%, bacteriosis by 5-8 %, reduced content of macro- and micro elements and protein accumulation in seeds.

УДК 635.64:631.3:631.6(477.7)|

УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ И СЕМЯН ТОМАТА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРЕШЕНИИ В ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

В.А. Погорелова, мл. научный сотрудник

*Институт орошаемого земледелия НААН Украины, г. Херсон
(Поступила 01.04.2019)*

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

Аннотация. В статье изложен материал по исследованию урожайности томата в зависимости от схемы посева и удобрения в южной Степи Украины. Установлено, что урожайность плодов сорта Легинь составляла 75,04 т/га, сорта Юбилейный – 81,38 т/га.

Исследуемые схемы посева показали, что урожайность плодов при схеме 100+50 см превышает схему 150 см на 16,3%. Максимальная урожайность плодов томата получена при комплексном использовании удобрений и составляет 98,7 т/га. Средняя урожайность на протяжении 2016-2018 гг. по опыту составила 115,13 кг/га. Для сорта Лезинь урожайность семян составила 117,62 кг/га, для сорта Юбилейный – 112,63 кг/га. Урожайность семян при схеме 100+50 см больше на 0,6% чем при схеме 150 см. Максимальный урожай семян томата получен при комплексном использовании удобрений – 148,86 кг/га. Корреляционная связь между урожайностью плодов и урожайностью семян томата составляет $r=0,95$.

Культура томата благодаря высокой пищевой ценности плодов занимает ведущее место в овощеводстве. Это – овощ здоровья. В 1 кг созревших плодов томата содержится: калия 200-300 мг, натрия – 40, магния – 20, железа – 900 мг, а также витамины С, В₁, В₂, В₃, Р, К. Он содержит каротин, фолиевую кислоту, растворимые сахара, органические кислоты, белки, жиры, а также алкалоид томатин, обладающий фитонцидными свойствами [1]. В связи с возрастающим энергетическим кризисом в последние годы все большее значение приобретает безрассадное возделывание томатов, поэтому большой практический интерес приобретает поиск форм, способных обеспечить хорошую всхожесть семян в полевых условиях при пониженной и резко меняющейся температуре почвы [2].

Результатами исследований в юго-западном Казахстане установлено, что в контроле без внесения удобрений урожайность плодов томата составила 30,8 т/га. В варианте, где вносили удобрения с нормой N₁₅₀P₁₂₀K₉₀, получили 42,5 т/га [3]. Edossa Etissa et. al. установлено, что максимальная урожайность плодов томата (73,45 т/га) получена при применении N₁₀₅ и 70,0 т/га при внесении P₈₅ [4]. Исследованиями Chipomho et al. установлено, что применение минеральных удобрений с органикой (навоз) увеличивает урожайность томата на 36,94% относительно применения только минеральных удобрений [5].

Индийскими учеными проведен опыт по изучению влияния подкормки микроэлементами на семенную продуктивность. Установлено, что максимальная урожайность семян сорта св. *Utkal Kumari* получена при комплексной подкормки микроэлементами и составила 181,05 кг/га. Сорт св. *Utkal Raja* характеризуется большей величиной этого показателя – 205,70 кг/га [6]. Т.П. Блинова и др. установили, что урожайность гибридных семян составила 14,7 г/м² при густоте стояния растений 4,8 растений/м² [7]. В юго-западной части Эфиопии исследовали семенную продуктивность 9 различных сортов: 5 детерминантных (*Bishola*, *Chali*, *Cochoro*, *Fetan*, *Melkasalsa*), 4 полудетерминантных (*Metadel*, *Miya*, *Melkashola*, *Arp tomato d2*) и 1 местный сорт (*Roma VF*). В ходе исследований установлено, что наибольшая урожайность семян была у сорта *Bishola* – 177,26 кг/га, затем *Melkasalsa* – 150,81 кг/га. Урожайность семян местного сорта *Roma VF* составила 114,88 кг/га. У других сортов (*Chali*, *Cochoro*, *Fetan*, *Metadel*, *Miya*, *Melkashola*, *Arp tomato d2*) этот показатель находился в пределах 58,11-108,00 кг/га [8].

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили на опытном поле лаборатории овощеводства Института орошаемого земледелия НААН в 2016-2018 гг. Во время закладки опыта и выполнении сопутст-

вующих исследований руководствовались общепринятыми методическими рекомендациями [9, 10]. Содержание гумуса в пахотном слое составляло 2,14%, общего азота – 2,24%, подвижного фосфора и обменного калия – соответственно 62 и 323 мг/кг абсолютно сухой почвы. В метровом слое почвы наименьшая влагоемкость – 21,3%, влажность увядания – 9,5% от массы сухой почвы, плотность строения – 1,41 т/м³. рН водной вытяжки равна 7,2. Грунтовые воды залегают на глубине 18-20 м и практически не влияют на водно-воздушный режим зоны активного влагообмена. Агротехника в опыте – общепринятая для условий орошения юга Украины. Элементы технологии изучали по следующей схеме: фактор А – сорт томата – *Легинь*, *Юбилейный*; фактор В – схема посева – ленточная схема посева 100+50 см, рядовая схема посева 150 см; фактор С – удобрения: – 1) без удобрений; 2) минеральные удобрения (расчетная доза на запланированный урожай); 3) минеральные удобрения и Плантафол (листовая подкормка); 4) минеральные удобрения и Биопроферм (органическое удобрение); 5) минеральные удобрения, Биопроферм и Плантафол.

Статистическая обработка данных была проведена методом дисперсионного анализа для опытов, заложенных методом расщепленных делянок по Б.А. Доспехову [11, с 256].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования показали, что урожайность плодов томата зависела от изучаемых факторов. Урожайность *Юбилейного* в среднем по опыту составила 81,38 т/га, что на 6,3 т/га (8,4%) больше, чем у сорта *Легинь*. Продуктивность растений томата при схеме посева 100+50 см в среднем по опыту была выше, чем при схеме 150 см на 12,39 т/га (16,3%) (таблица 1).

Установлено, что урожайность плодов зависела от биологических особенностей сорта. Минимальная урожайность плодов отмечена в варианте без удобрений. Использование удобрений с учетом эффективного плодородия почвы и потребностей растений в питательных веществах дало возможность увеличить этот показатель. Позитивное влияние отмечено от использования листовой подкормки. Для уменьшения токсического влияния минеральных удобрений на растения томата рационально частично заменить его органическим удобрением. Максимальная урожайность достигнута при комплексном использовании минеральных, органических удобрений и листовой подкормки.

Использование удобрений обеспечило прибавку урожайности относительно контрольного варианта 41,87 т/га или 53,3%. Прибавка от применения минеральных удобрений с использованием препарата для внекорневой подкормки Плантафол к контрольному варианту составила 50,39 т/га. Минеральные и органические удобрения способствовали увеличению урожайности до 89,81 т/га, прибавка к контролю составила 61,93 т/га.

Использование внекорневой подкормки Плантафол увеличило урожайность на 8,55 т/га (9,8%) относительно использования только минеральных удобрений и 8,89 т/га (9%) относительно комплексного использования органических и минеральных удобрений.

Прибавка урожайности при совместном внесении Биопроферма с минеральными удобрениями относительно внесения только минеральных удобрений

Таблица 1 - Урожайность плодов томата в зависимости от сорта, схемы посева и удобрения, т/га (среднее за 2016-2018 гг.)

Сорт (фактор А)	Схема посева (фактор В)	Удобрение (фактор С)	Урожайность, т/га	Среднее по фактору А	Среднее по фактору В	Среднее по фактору С
Легкий	100+50 см	Без удобрений (контроль)	34,17	75,04	88,26	36,77
		Минеральные удобрения	78,40			78,61
		Минеральные удобрения + Пантафол	86,85			87,16
		Биоферм + минеральные удобрения	89,58			89,81
		Биоферм + минеральные удобрения + Пантафол	98,23			98,70
		Без удобрений (контроль)	32,85			
	Минеральные удобрения	70,85				
	Минеральные удобрения + Пантафол	82,72				
	Биоферм + минеральные удобрения	83,95				
	Биоферм + минеральные удобрения + Пантафол	92,76				
	Без удобрений (контроль)	41,61	81,38		75,87	
	Минеральные удобрения	84,39				
Минеральные удобрения + Пантафол	92,31					
Биоферм + минеральные удобрения	95,42					
Биоферм + минеральные удобрения + Пантафол	104,52					
Без удобрений (контроль)	38,44					
Минеральные удобрения	80,79					
Минеральные удобрения + Пантафол	86,74					
Биоферм + минеральные удобрения	90,29					
Биоферм + минеральные удобрения + Пантафол	99,31					

НСР₀₅ фактор А

1,33

НСР₀₅ фактор В

1,40

НСР₀₅ фактор С

1,94

составила 11,2 т/га или 12,5%. Комплексное использование Биоферма, минеральных удобрений и Пантафола способствовало увеличению урожайности плодов томата на 11,4 т/га или 11,7% относительно варианта использования минеральных удобрений с Пантафолом.

Основным показателем семенной продуктивности является урожайность семян. В 2016 г. для сорта *Легинь* она была в пределах 40,36-164,88 кг/га, для сорта *Юбилейный* – 44,74-139,61 кг/га. В 2017 г. урожайность составила у сорта *Легинь* от 43,41 кг/га до 154,32 кг/га, у сорта *Юбилейный* – от 35,91 кг/га до 143,94 кг/га. Урожайность семян в 2018 г. у сорта *Легинь* достигла пределов 54,45-160,53 кг/га, у сорта *Юбилейный* - 59,70-145,39 кг/га (таблица 2).

Таблица 2 - Урожайность семян томата в зависимости от сорта, схемы посева и удобрения, кг/га (среднее за 2016-2018 гг.)

Сорт (фактор А)	Схема посева (фактор В)	Удобрение (фактор С)	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее
Легинь		Без удобрений (контроль)	41,85	45,93	54,45	47,41
		Минеральные удобрения	114,93	118,60	106,85	113,46
		Минеральные удобрения + Пантафол	133,41	136,42	126,88	132,24
		Биоферм + минеральные удобрения	127,15	126,71	144,46	132,77
		Биоферм + минеральные удобрения + Пантафол	164,88	154,32	160,53	159,91
	150 см	Без удобрений (контроль)	40,36	43,41	59,35	47,71
		Минеральные удобрения	128,52	120,67	101,02	116,74
		Минеральные удобрения + Пантафол	145,87	137,64	139,15	140,88
		Биоферм + минеральные удобрения	121,60	127,17	149,74	132,84
		Биоферм + минеральные удобрения + Пантафол	153,40	150,78	152,59	152,26
Юбилейный	100+50 см	Без удобрений (контроль)	44,93	43,94	74,18	54,35
		Минеральные удобрения	118,88	117,17	114,98	117,01
		Минеральные удобрения + Пантафол	134,43	109,22	134,91	126,19
		Биоферм + минеральные удобрения	126,48	128,66	137,79	130,98
		Биоферм + минеральные удобрения + Пантафол	139,10	138,71	143,00	140,27
	150 см	Без удобрений (контроль)	44,74	35,91	59,70	46,78
		Минеральные удобрения	111,93	122,42	91,72	108,69
		Минеральные удобрения + Пантафол	129,29	131,16	121,46	127,30
		Биоферм + минеральные удобрения	125,83	129,02	140,50	131,78
		Биоферм + минеральные удобрения + Пантафол	139,61	143,94	145,39	142,98

НСР₀₅ фактор А

4,3

9

9,5

5,71

НСР₀₅ фактор В

2,8

5,7

6,9

5,79

НСР₀₅ фактор С

6,3

4,3

6,9

6,73

Урожайность семян в среднем за 2016-2018 гг. по опыту составила 115,13 кг/га, у сорта *Легинь* – 117,62 кг/га, у сорта *Юбилейный* - 112,63 кг/га ($HCP_{05} = 5,71$). Урожайность семян при ленточной схеме посева превышала урожайность при рядовой схеме посева на 0,66 кг/га или 0,6%.

Доказано, что наибольшее влияние на формирование урожайности семян оказали удобрения (фактор С). Минимальная урожайность семян получена в варианте без удобрения и составила 49,06 кг/га. Использование удобрений оказывает положительное влияние на урожайные показатели семян растений томата. Так, при использовании минеральных удобрений урожайность семян в среднем по опыту увеличилась до 113,98 кг/га, что на 56,95% больше, чем в контрольном варианте. Дополнительное применение внекорневой подкормки Плантафол обеспечило прибавку урожайности семян 82,59 кг/га относительно варианта без удобрения. Одновременное использование минеральных и органических удобрений способствовало увеличению урожайности семян томата до 132,09 кг/га. Прибавка относительно контрольного варианта составила 62,86%. Комплексное внесение минеральных и органических удобрений с внекорневой подкормкой способствовало получению максимальной урожайности семян томата независимо от сорта, схемы посева и года исследований. В среднем за три года этот показатель в варианте комплексного использования удобрений составил 148,86 кг/га, прибавка относительно контрольного варианта – 67,04%.

Долевое влияние факторов на урожайность семян растений томата представлено на рисунке 1.

Долевое влияние фактора А составило 0,5%, фактора В – 0,6%. Максимальное влияние на урожайность семян томата отмечено по фактору С и составило 96%. Взаимодействие факторов АВ, АС, АВС и ВС составляло 0,1%, 0,8%, 0,3%, 0,2% соответственно.

Между урожайностью плодов и урожайностью семян растений томата нами установлена прямопропорциональная положительная корреляционная связь, коэффициент корреляции составил $r=0,95$ (рисунок 2).

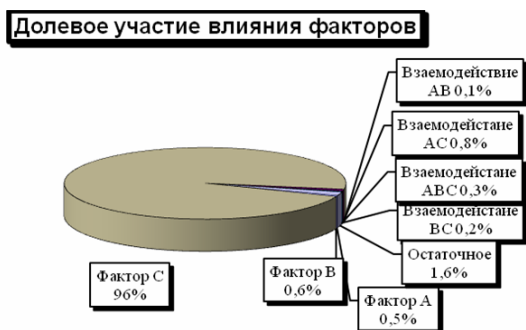


Рисунок 1 - Долевое участие влияния факторов на урожайность семян растений томата

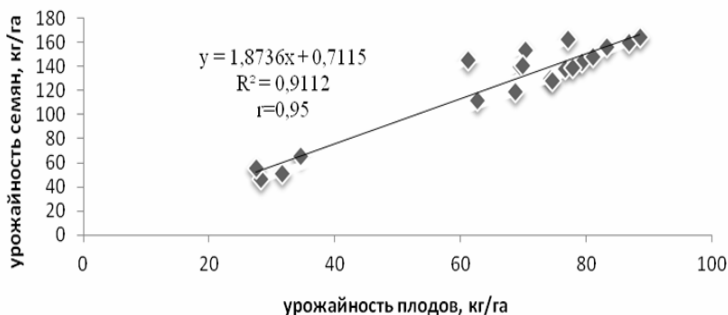


Рисунок 2 - Корреляционная зависимость между урожайностью плодов и урожайностью семян томата (среднее за 2016–2018 гг.)

Выводы

Установлено, что урожайность плодов томата зависела от влияния таких факторов как сорт, схема посева и применение удобрений. На семенную продуктивность наиболее высокое влияние оказало удобрение семенных растений томата. Также отмечено незначительное влияние сорта и схемы посева на урожайность семян томата.

Литература

1. Авдеев, И.Ю. Оценка урожайности с учетом сухого вещества / И.Ю. Авдеев, Е.И. Иванова // Теоретические и прикладные исследования по овощным культурам. – Астрахань, 2004. – С. 224-245.
2. Стабильность и генотипическая изменчивость популяций межвидовых линий томата полученных на основе регенератов эмбриокультурного происхождения / Ю.Н. Сыромятников [и др.] // Современное состояние и перспективы инновационного развития сельского хозяйства: межд. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию со дня основания Научно-исследовательского института сельского хозяйства, Тирасполь, 16-17 нояб. 2015 г. / отв. ред.: А.В. Гуманюк. – Тирасполь : Есо-Tiras, 2015. - С. 159-164.
3. Бурибаева, Л.А. Влияние биоорганических удобрений на продуктивность томата в условиях юго-востока Казахстана / Л.А. Бурибаева, Н.Н. Тойлыбаева, А.Т. Айтбаева // Овочівництво і баштанництво. - Харків : ВП «Плеяда», 2016. - Вип. 62. - С. 26-35
4. Growth and Yield Components of Tomato as Influenced by Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Applications in Different Growing Seasons / Edossa Etissa [et al.] // *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*. 23. – 2013. – P. 57-77.
5. Organic soil amendments: implications on fresh tomato (*Solanum Lycopersicum*) yield, weed density and biomass / J. Chipomho [et al.] // *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(3). 2018. – P. 845-853.
6. Influence of micronutrients application on growth and seed yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)Naga Sivaiah K [et al.] // *International Journal of Development Research*. – 2013. – Vol. 3, Issue, 11. – Pp. 191-195.
7. Полудетерминантный гибрид томата *Panсодия* и методика его семеноводства / Т.П. Блинова [и др.] // Современное состояние и перспективы инновационного развития сельского хозяйства: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-

летию со дня основания Научно-исследовательского института сельского хозяйства 16-17 нояб. 2015 г. Тирасполь : Eco-Tiras, 2015. - С. 28-32

8. K. Balcha Evaluation of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Varieties for Seed Yield and Yield Components under Jimma Condition, South Western Ethiopia. / K. Balcha, D. Belew, J. Nego // Journal of Agronomy. Asian Network for Scientific Information, 2015. № 14 (4). – Pp. 292-297.

9. Бондаренко, Г.Л. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. 3-є вид. / Г.Л. Бондаренко, К.І. Яковенко. – Х.: Основа, 2001. – 369 с.

10. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р.А. Вожегової. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – С. 286.

11. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

YIELD OF TOMATO FRUITS AND SEEDS UNDER DRIP IRRIGATION IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE

V.O. Pohorelova

The article states the material on the research into tomato yield depending on the planting system and fertilizing in the south Steppe of Ukraine. It's established that the yield of fruits of the Legin variety is 75.04 t / ha, the Yubileyny variety - 81.38 t / ha. The studied planting systems show that the yield of fruits with the system of 100+50 cm exceeds the scheme of 150 cm by 16.3%. The maximum yield of tomato fruits is obtained with the integrated use of fertilizers and is equal to 98.7 t/ha. The average yield for 2016-2018 was 115,13 kg/ha. For the variety Legin the yield of seeds is 117,62 kg/ha, for the variety Yubileyny – 112,63 kg/ha. The yield of seeds with the planting system of 100+50 cm is 0.6 % more than with the system of 150 cm. The correlation between the fruits yield and seeds yield of tomato is 0,95 ($r=0.95$).

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

СКРИНИНГ МИРОВОГО ГЕНОФОНДА ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

Н.А. Дуктова¹, Н.А. Кузнецова¹, Е.М. Минина²

¹ УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

г. Горки, Республика Беларусь

² УО «Гродненский государственный аграрный университет»,

г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила 15.04.2019)

Рецензент: Гриб С.И., академик НАН Беларуси

В условиях северо-восточной части Республики Беларусь проведено изучение 256 образцов яровой твердой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Проанализированы хозяйственно полезные признаки: высота растения, элементы продуктивности и основные показатели качества зерна. Установлено различие образцов по зонам происхождения, выделены формы, перспективные для использования в селекции на продуктивность и качество зерна. В селекции на устойчивость к полеганию в качестве исходных форм целесообразно использовать карликовые образцы – *Icaro*, *Valaniene*, *Gaza W-277*, *Esquilache*. В селекции на урожайность предпочтение следует отдавать исходным формам с высоким адаптационным потенциалом и продуктивностью растения – *Толеса*, *Валента*, *Катюша*, *Дуняша*, *Верона* (Беларусь); *T.durum 596* (Грузия), *LD 12* (США), *Дамсинская 40* (Казахстан); *Валентина*, *Дуэт Черноземья 2*, *Степь 3* (Россия) и *Бужурия* (Украина). Учитывая наличие устойчивой отрицательной корреляции урожайности и качества зерна, в селекции твердой пшеницы целесообразно применять ступенчатые или насыщающие скрещивания, используя в качестве отцовского компонента формы, обладающие высокими показателями качества зерна. Источниками высокой массы 1000 зерен являются сорта *Толеса*, *Валента*, *Дуняша*, *Харьковская 39*, *Дамсинская 90* и *Дамсинская 8*; стекловидности (выше 92 %) – *Харьковская 41* и *Актюбинская-74*. По содержанию белка (выше 18,5 %) и клейковины (47 % и более) в зерне в условиях Беларуси выделяются образцы *RL 1317*, *Randur*, *Oued Kebir*, *Melange*, *Peliss Selection No. 14*, *Singh*, *T.durum 605* и *Menceki*; лучшим на среди отечественных образцов является сорт *Дуняша*.

Triticum durum Desf. – это новая культура для Беларуси. В настоящее время на территории нашей республики районировано 4 сорта яровой твердой пшеницы, в том числе 2 (*Розалия* и *Валента*) отечественной селекции. Твердая пшеница является единственным сырьем для изготовления макаронных изделий высшего качества (группа А) [3]. Ранее макароны группы В, сделанные из мягких сортов пшеницы, отличались шероховатой поверхностью, серым с белесыми разводами цветом, нестекловидным изломом. В настоящее время благодаря изменению режимов производства и использованию добавок, по внешним признакам изделия из муки мягкой пшеницы и семолы твердой практически неотличимы. Низкое качество макаронных изделий группы В проявляется только при варке: они развариваются, становятся мягкими и клейкими [4, 7]. Важно также отметить, что продукты из твердой пшеницы, кроме высоких вкусовых и органолептических свойств, в первую очередь, отличаются уникальными пищевыми достоинствами, в виду особого строения эндосперма зерна *durum*. Частицы крахмала в пшенице мягких сортов – более крупные и рыхлые, мука их

них белая, рассыпчатая, слабо впитывает воду. Крахмальные гранулы в зерне пшеницы твердой – плотные и небольшие, мука из такого зерна имеет мелкозернистую структуру и отличается высоким содержанием клейковины. Толщина алейронового слоя зерна твердой пшеницы меньше, чем мягкой, следовательно, содержание жира в ней ниже, что приводит к уменьшению его в макаронной муке и положительно сказывается на продолжительности хранения. По питательной ценности белок твердой пшеницы приближается к молочному, что позволяет широко использовать зерно этой культуры для приготовления продуктов детского и диетического питания [6]. В зерне мягкой пшеницы содержится 17,5% незаменимых и 15,5% заменимых аминокислот в 100 г продукта, а в зерне твердой – 23,2% и 15,1% соответственно. Из незаменимых аминокислот мягкой пшеницы преобладают: изолейцин (22,9%) и валин (22,2%); из заменимых – глутаминовая кислота (29,4%) и пролин (28,6%). В составе незаменимых аминокислот твердой пшеницы преобладают: фенилаланин (26,6%), триптофан (26,9%), изолейцин (26,7%) и валин (24,9%); в составе заменимых – глутаминовая кислота (31,0%) и пролин (30,7%) [9, 10]. Твердая пшеница является источником ряда витаминов, особенно никотиновой кислоты, витаминов К и группы В. Содержание этих витаминов в зерне твердой пшеницы (в 100 г продукта) находится в пределах от 10,8% до 33,7% суточной их нормы. Также в твердой пшенице много каротина, из которого в организме человека образуется витамин А [5, 8]. Кроме того, в зерне *durum* содержатся сложные углеводы с низким гликемическим индексом, «медленные» в усвоении, в результате чего употребление пасты не вызывает увеличения массы тела. По мнению диетологов, более 50% ежедневной потребности человека в калориях должны пополнять именно сложные углеводы, что и обуславливает ценность макаронных изделий из семолины, которые являются диетическим продуктом и обладают невысокой калорийностью [3].

Для обеспечения потребностей Беларуси необходимо 90-100 тысяч тонн сырьевого зерна твердой пшеницы, что при средней рыночной цене в 230-250 дол. США обойдется республике в 20-25 млн. дол. США в год [2]. Себестоимость же собственного производства зерна *durum* составляет 120-140 дол. США за тонну. Это свидетельствует о необходимости расширения посевных площадей данной культуры в Беларуси, которые для полного самообеспечения страны должны составить около 20-22 тыс. га [3].

В решении данной проблемы ведущее место отводится созданию продуктивных отечественных сортов с высокими показателями качества зерна, пригодных для выработки макаронных изделий и круп. Успешность селекции напрямую связана с многообразием и степенью изученности исходного материала, а также его генотипической разнородностью. Селекция твердой пшеницы ведется в большинстве стран Западной Европы, Северной Африки, Ближнего Востока, Канаде, Мексике, Чили, Аргентине, Украине, Казахстане, России, Индии и Австралии, под эгидой таких международных организаций, как CIMMYT (Мексика), ICARDA (Сирия) и European Net Work on Durum Wheat (Западная Европа). Для регионального международного испытания и оценки селекционного материала организованы питомники: IDIN, Elite Durum Yield Trials

(EDYT), International Durum Screening Nursery (IDSN) и Regional Insect and Disease Screening Nursery (RCDSN), КАСИБ-ЯТП – Казахстанско-Сибирский питомник по яровой твердой пшенице [1].

В УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» с 1986 г. собрана обширная коллекция исходных форм яровой твердой пшеницы, которая в 2016 г. была существенно пополнена образцами, переданными из Национального банка генетических ресурсов растений Республики Беларусь при РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» (г. Жодино). В настоящее время рабочая коллекция насчитывает 256 образцов различного эколого-географического происхождения (из 41 страны), комплексное изучение которой с целью выделения перспективных источников признаков для селекции и составила основу настоящих исследований.

Изучение образцов осуществлялось в 2015-2018 гг. в питомнике исходного материала (ПИМ) по общепринятой методике. В качестве контроля использовали отечественный сорт *Розалия*, принятый в качестве контрольного в системе Государственного сортоиспытания с 2015 г. Предметом изучения являлись высота растения, элементы продуктивности, урожайность и показатели качества зерна. Анализ показателей качества осуществляли в Испытательной лаборатории качества семян УО БГСХА и технологической лаборатории УО ГГАУ. Для систематизации материала образцы были распределены на группы по зонам происхождения (таблица 1), в виду большого количества (47 шт.) в отдельную группу были вычленены образцы итальянской селекции, а также отечественного происхождения.

Твердая пшеница обладает рядом видовых отличий, таких как плотный остистый колос, тонкое выполненное подколосовое междоузлие. Эти особенности определены эволюцией вида и в наибольшей степени характерны степным формам, произрастающим в зонах недостаточного увлажнения. В условиях Беларуси данные особенности определяют склонность пшеницы твердой к полеганью. Таким образом, одним из лимитирующих факторов при селекции культуры в нашем регионе становится снижение высоты растения до уровня 70-85 см. Лимиты варьирования образцов коллекции по данному показателю составили 38,8-158,8 см. Наиболее высокорослыми были образцы из Средней и Восточной Азии, а также южных регионов России. К группе карликовых форм (40-60 см) относятся итальянские сорта *Icaro* (49,8 см), *Valaniene* (59,3 см), австралийский *Gaza W-277* (54,7 см) и испанский *Esquilache* (59,6 см). Кроме перечисленных в качестве исходных форм в селекции на короткостебельность могут использоваться низкорослые сорта (60-70 см) французской селекции – *Capdur*, *Neodur*, *Agridur*; итальянской – *Valloriolo*, *Valgiorgio*, *Neolatino*, *Леванте*, *Valsacco*, *Ириде*, *Дулио*, *Меридиано*; а также образцы *Stockholm*, *Z83251-4* и *Lloyd* (США), *Лилек* (Россия), *Barrigon Yaqui S52* (Мексика), *Matmata* (Тунис), *ELS 6404-126-2* (Эритрея), *MP 3* (Эфиопия), *Harani Auttma* (Иордания), *Букурия* (Украина), *Bakshi Gao* (Индия) и *Толеса* (Беларусь).

В селекции на продуктивность предпочтение следует отдавать формам с высокой продуктивной кустистостью, крупным озерненным тяжеловесным колосом. В питомнике исходного материала за годы исследований образцы яро-

Таблица 1 – Характеристика образцов яровой твердой пшеницы в ПИМ (среднее за 2016-2018 гг.)

Зона происхождения	Кол-во образцов, шт.	Высота растения, см	Прод. кус-ть, шт.	Длина колоса, см	Кол-во колосков, шт.	Масса зерна с растения, г	Урожайность, г/м ²
Западная Азия	24	88,3	3,5	6,4	13,5	2,10	138,8
Средняя Азия	27	101,5	3,3	7,0	15,0	3,31	195,6
Южная Азия	9	82,9	3,7	6,8	13,2	2,35	107,1
Восточная Азия	2	99,6	4,5	7,3	14,1	3,13	164,4
Западная Европа	9	76,6	3,6	6,3	13,5	2,81	179,8
Восточная Европа	45	98,5	3,5	7,0	15,1	3,39	250,3
Южная Европа	13	96,9	4,1	7,2	14,5	3,35	246,7
Северная Африка	28	94,8	3,6	6,7	14,4	2,90	173,9
Восточная Африка	6	83,1	3,5	7,2	14,2	2,63	169,6
Северная Америка	28	95,6	4,3	7,3	14,7	3,48	212,4
Южная Америка	4	88,7	3,8	7,2	14,0	3,01	189,3
Австралия	5	86,2	3,2	6,2	13,0	1,78	55,5
Беларусь	9	95,8	2,6	6,7	14,9	2,53	381,8
Италия	47	89,6	3,5	6,6	13,9	2,66	175,8
	\bar{x}	93,2	3,6	6,8	14,4	2,96	197,6
		38,8-					1,2-
	<i>limit</i>	158,8	1,0-6,9	3,5-10,6	8,0-21,0	0,09-8,15	789,6
	<i>S</i>	18,0	0,9	0,9	1,6	1,33	145,7
	<i>Sx</i>	0,6	0,03	0,03	0,04	0,04	4,6
	<i>V</i>	19,3	25,1	13,6	10,8	45,0	73,7

вой твердой пшеницы формировали от 1,0 до 6,9 продуктивных стеблей. Продуктивная кустистость на уровне 5,2-6,0 побегов на растение отмечена у 9 образцов: *Nigrobarbatum* и *Rieti* (Португалия), *Ak* (Турция), *RL 1183* и *RL 1317* (Канада), *Capeiti 8* и *Sabaudia* (Италия), *ATR-448/SK2* (Польша), *Wash. No. 2628* (Китай), *LD 12* и *Peliss Selection No. 14* (США). Однако важно отметить, что данный показатель в значительной степени лимитирован площадью питания и взаимосвязан с выживаемостью растений, поэтому при отборе исходных форм для рекомбинантной селекции необходимо учитывать показатели продуктивности колоса и растения в целом.

Наименьшим варьированием в популяции характеризовались морфометрические показатели главного колоса – длина (13,6%) и количество колосков в нем (10,8%). Большая часть образцов в коллекции имели длину колоса в среднем 6,6-7,4 см. Источниками признака для селекции могут выступать образцы *Castiglione Glabro* (Италия), *Kunduru* (Турция), *Durum 2719* (Индия), *Oued Kebir* (Тунис), *LD 12*, *LD 102* и *Mongolian* (США), длина колоса которых составила 8,5-10,6 см.

Количество колосков главного колоса у 75 % образцов колебалось от 13,6 до 15,5 шт. Мелкий колос с количеством колосков от 8,0 до 11,5 шт. формировали сорта из Индии – *Fere-Alexandrinum*, *Niphad 31* и *Bakshi Gao*. Источниками признака для селекции могут являться сорт американской селекции *Mongolian*, образующий 18,8-21,0 колосков, что на 12-47% выше остальных сортов коллекции, а также белорусский сорт *Валента* (15,6-19,4 шт.) и украинский *Харьковская 46* (17,0-17,7 шт.).

Из элементов продуктивности наибольшей изменчивостью характеризуется масса зерна с растения (45 %). Низкопродуктивными в питомнике исходного материала являлись образцы из Австралии, Индии, Иордании и Сирии. Наибольшую массу зерна с растения имели формы из США (*LD 12* – 6,4 г, *LD 102* – 5,1 г, *Peliss Selection No. 14* – 5,2 г), Южной Европы (*Nigrobarbatum* – 5,4 г, *Castiglione Glabro* – 4,8 г, *Capeiti 8* – 4,7 г) и Азии (*Wash. No. 2628* – 5,0 г, *Алтын дала* – 4,8 г).

Интегральным показателем, отражающим хозяйственную ценность и адаптивный потенциал исходного материала, является урожайность с единицы площади. За годы изучения урожайность образцов коллекции варьировала от 790 до 1 г/м². Низкой урожайностью характеризовались формы отдаленного эколого-географического происхождения (Австралия, Иордания, Сирия, Индия, Турция, Израиль), что связано с существенными различиями климатических факторов зон происхождения и интродукции. Высокий адаптивный потенциал обеспечил существенное превосходство по урожайности (в среднем на 39,6%) отечественных сортов, а также ряда образцов Восточной и Южной Европы. В качестве исходных форм в селекции на урожайность следует использовать белорусские сорта *Толеса* (269-790 г/м²), *Валента* (258-686 г/м²), *Катюша* (221-651 г/м²), *Дуняша* (234-653 г/м²), *Верона* (209-511 г/м²); образец из Грузии – *T.durum 596* (313-636 г/м²), из США – *LD 12* (332-538 г/м²), из Казахстана – *Дамсинская 40* (149-638 г/м²); российские сорта *Валентина* (126-664 г/м²), *Дуэт Черноземья 2* (195-608 г/м²), *Степь 3* (117-614 г/м²) и сорт украинской селекции *Букурия* (173-589 г/м²).

Учитывая наличие устойчивой отрицательной корреляции урожайности и качества зерна, в селекции твердой пшеницы целесообразно применять ступенчатые или насыщающие скрещивания, используя в качестве отцовского компонента формы, обладающие высокими показателями качества зерна. Для выделения ценных источников признаков нами в 2015-2018 гг. были изучены показатели качества 134 образцов твердой пшеницы, отличавшихся относительной стабильностью в условиях Беларуси (таблица 2).

Все исследованные формы, кроме образцов из Сирии, относятся к группе с высокой массой 1000 зерен (более 30 г). При этом отечественные сорта в среднем на 21,4% превышают по крупности остальные образцы коллекции. В качестве исходных форм для селекции следует использовать сорта селекции УО БГСХА – *Толеса* (33,9-62,6 г), *Валента* (33,5-60,8 г), *Дуняша* (31,7-55,1 г), украинский сорт *Харьковская 39* (27,1-56,4 г) и сорта казахской селекции *Дамсинская 90* (34,1-55,4 г) и *Дамсинская 8* (32,1-53,2 г).

Таблица 2 – Показатели качества зерна образцов яровой твердой пшеницы в зависимости от зоны происхождения (среднее за 2015-2018 гг.)

Зона происхождения	Кол-во образцов, шт.	Показатели качества зерна твердой пшеницы				Урожайность, г/м ²
		Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Содержание, %		
				клейковины	белка	
Казахстан	25	36,8	86	35,6	15,19	208,7
Россия	25	35,7	82	34,5	15,11	272,6
Украина	13	38,4	87	35,4	15,20	253,1
Западная Европа	36	35,1	79	38,1	16,37	221,5
Америка	14	32,6	75	41,5	17,01	197,1
Азия	8	30,8	84	39,7	16,53	218,8
Северная Африка	6	33,5	79	40,9	16,73	177,6
Ближний Восток	1	26,5	82	30,8	14,71	103,4
Беларусь	6	42,0	82	34,3	15,62	440,7
	<i>x</i> –	35,53	80,78	36,93	15,80	236,90
	<i>limit</i>	11,3–67,3	39–98	20,3–53,2	10,45–20,18	5,6–791,5
	<i>S</i>	11,9	12,5	6,7	2,1	170,6
	<i>Sx</i>	0,57	0,60	0,32	0,10	8,15
	<i>V</i>	33,5	15,5	18,0	13,2	72,0

Стекловидность исследованных образцов колебалась от 39 до 98 %. Наибольшие значения (в среднем 84-87%) наблюдались у образцов из Азии, Казахстана и Украины, а наименьшие (75-79%) – у образцов из Америки, Западной Европы и Северной Африки. Источниками признака могут служить сорта, стабильно формирующие зерно со стекловидностью 90% и выше – *Z83251-4*, *Lloyd* (США); *T.durum 605* (Киргизия); *Меридиано*, *Neolatio*, *T.durum 186*, *Scorsonera*, *Scavuzza* (Италия); *Актюбинская-74*, *Костанайская 12*, *Кустанайская 30 б/о*, *Дамсинская 90* (Казахстан); *Башкирская-23*, *Безенчукская 200*, *Л-40381* (Россия); *Харьковская 31*, *Харьковская 21*, *Харьковская 41* (Украина) и *Тетсен* (Алжир).

Большое значение для производства высококачественной макаронной муки имеет содержание клейковины в зерне твердой пшеницы. По данному показателю в среднем за годы исследований 96% образцов относились к 1-й группе качества (28% и более), ко 2-й группе отнесены только образцы *Безенчукская 182* (Россия), *Neolatio*, *Меридиано*, *Scavuzza*, *Ancomorzio* (Италия) и *Shanazi* (Афганистан). Содержанием клейковины в зерне выше 45 % характеризовались образцы из Туниса – *Oued Kebir*, *Melange*, *Morocco*, *Ward Bled*, Италии – *Valnova*, *Vallelunga Pubescente*, США – *Peliss Selection No. 14*, *Viking*, Франции – *Randur*, *Neodur*; а также *RL 1317* (Канада), *Singh* (Индия), *T.durum 605* (Киргизия) и *Menceki* (Турция).

Клейковина представляет собой белковое вещество с небольшим содержанием веществ небелкового происхождения. Следовательно, между содержанием белка и клейковины в зерне существует положительная корреляция. Наибольшее содержание белка в зерне яровой твердой пшеницы было характерно

для образцов из Западной Европы (16,37%), Азии (16,53%), Северной Африки (16,73%) и Америки (17,01%).

В среднем за годы исследований содержание сырого белка выше 18% отмечено у образцов *RL 1317, Melange, Menceki, T.durum 605, Randur, Oued Kebir, Peliss Selection No. 14, Neodur, Singh, Vallelunga Pubescente, Valnova, Casour, Sevorol-1710, ATR-448/SK2, ND No. 321, Ward Bled, Morocco, Tunisina, Grandur, Pentad, Obispado u Macolo de Jerez*, которые целесообразно вовлекать в рекомбинации.

Сорта белорусской селекции по физико-химическим свойствам зерна полностью соответствовали требованиям ГОСТа, содержание белка у них в среднем составило 15,7%, клейковины 33%; лучшим среди отечественных образцов является сорт *Дуняша* – 15,6-17,6 % и 36-43% соответственно.

Заключение

В результате комплексной оценки 256 образцов мирового генофонда яровой твердой пшеницы в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь были выделены формы, перспективные для использования в качестве источников признаков в селекции на продуктивность и качество зерна.

В селекции на устойчивость к полеганию в качестве исходных форм целесообразно использовать карликовые образцы – *Icaro, Valaniene, Gaza W-277, Esquilache*. В селекции на урожайность предпочтение следует отдавать исходным формам с высоким адаптационным потенциалом и продуктивностью растения – *Толеса, Валента, Катюша, Дуняша, Верона* (Беларусь); *T.durum 596* (Грузия), *LD 12* (США), *Дамсинская 40* (Казахстан); *Валентина, Дуэт Черноземья 2, Степь 3* (Россия) и *Букурия* (Украина).

Учитывая наличие устойчивой отрицательной корреляции урожайности и качества зерна, в селекции твердой пшеницы целесообразно применять ступенчатые или насыщающие скрещивания, используя в качестве отцовского компонента формы, обладающие высокими показателями качества зерна. Источниками высокой массы 1000 зерен являются сорта *Толеса, Валента, Дуняша, Харьковская 39, Дамсинская 90 и Дамсинская 8*; стекловидности (выше 92%) – *Харьковская 41 и Актюбинская-74*. По содержанию белка (выше 18,5%) и клейковины (47 % и более) в зерне в условиях Беларуси выделяются образцы *RL 1317, Randur, Oued Kebir, Melange, Peliss Selection No. 14, Singh, T.durum 605 и Menceki*; лучшим на среди отечественных образцов является сорт *Дуняша*.

Литература

1. Голик, В.С. Селекция *Triticum durum* Desf. / В. С. Голик, О. В. Голик. – Харьков: Магда ЛТД, 2008. – 519 с.
2. Гриб, О.М. О возделывании твердой яровой пшеницы в Беларуси / О. М. Гриб // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 6 (43). – С. 11–12.
3. Дуктова, Н.А. Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) – новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы / Н. А. Дуктова, В. П. Дуктов, В. В. Павловский // Известия НАН Беларуси. – 2015. – № 3. – С. 85–92.
4. Егоров, Г.А. Технология муки, крупы и комбикормов / Г. А. Егоров, Е. М. Мельников, Б. М. Максимчук. – М.: Колос, 1984. – 376 с.

5. Зверев, С. В. Физические свойства зерна и продуктов его переработки / С. В. Зверев, Н. С. Зверев - М.: ДеЛи принт, 2007. – 176 с.
6. Кандроков, Р. Х. Мукомольные свойства зерна твердой озимой пшеницы / Р. Х. Кандроков [и др.] // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. – 2018. – № 1 (159). – С. 176–180.
7. Качество муки для производства макарон [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://pasta.agava.ru/durum_quality3.htm – Дата доступа 04.02.2019.
8. Кретович, В. Л. Биохимия зерна и хлеба / В. Л. Кретович. – М.: Наука, 1991. – 136 с.
9. Пшеница мягкая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pharmacognosy.com.ua/index.php/vashe-zdorovoye-pitanije/zlakovyje-i-bobovyje/pshenitsa-myagkaja>. – Дата доступа: 22.01.2018.
10. Пшеница твердая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pharmacognosy.com.ua/index.php/vashe-zdorovoye-pitanije/zlakovyje-i-bobovyje/pshenitsa-tverdaja> – Дата доступа: 22.01.2018.

SCREENING OF THE WORLD GENE POOL OF SPRING DURUM WHEAT ON THE YIELD AND GRAIN QUALITY

N. Duktova, N. Kuzniatsova, E. Minina

In the North-Eastern part of the Republic of Belarus 256 accessions of spring durum wheat of different ecological and geographical origin have been studied. The economic characters have been analyzed: plant height, elements of yield and the main indicators of grain quality. The distinction of the accessions in terms of the area of origin has been established. The forms suitable for the use in breeding for yield and grain quality have been identified. In breeding for resistance to lodging it is advisable to use dwarf accessions as initial forms – Icaro, Valaniene, Gaza W-277, Esquilache. In breeding for yield, preference should be given to the original forms with high adaptive capacity and plant performance – Tolesa, Valenta, Katyusha, Dunyasha, Verona (Belarus); T. durum 596 (Georgia), LD 12 (USA), Damsinskaya 40 (Kazakhstan); Valentina, Duet of Chernozemya 2, Steppe 3 (Russia) and Bukuriya (Ukraine). Taking into account stable negative correlation between the yield and grain quality, it is advisable to apply step or saturating crosses in durum wheat breeding, using the forms with a high grain quality as a parent component. The varieties Tolesa, Valenta, Dunyasha, Kharkovskaya 39, Damsinskaya 90 and Damsinskaya 8 are the sources of high weight of 1000 grains, the varieties Kharkovskaya 41 and Aktyubinskaya-74 are the sources of vitreousness (above 92 %). The varieties RL 1317, Randur, Oued Kebir, Melange, Peliss Selection No 14, Singh, T. durum 605 and Menceki are distinguished in terms of protein content (above 18.5 %) and gluten content (47 % or more) in the conditions of Belarus. The variety Dunyasha is the best among national varieties.

УДК 633.11«324»:631.527(476)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ОСНОВНЫМ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т.В. Мельникова, соискатель

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 15.03.2019)

Рецензент: Гриб С.И., академик НАН Беларуси

***Аннотация.** В статье приведены результаты изучения коллекционного материала озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Выделены источники как отдельных, так и комплекса хозяйственно-ценных признаков, имеющих*

практический интерес для селекционной работы с культурой в условиях Республики Беларусь.

Введение. Озимая пшеница – важнейшая продовольственная культура Республики Беларусь, имеющая значительный удельный вес в структуре посевных площадей зерновых культур. В последние годы посевные площади под этой культурой находились на уровне 530-570 тыс. га [1].

Увеличение объемов производства зерна – главная задача агропромышленного комплекса. Немаловажную роль в повышении урожайности озимой пшеницы отводится внедрению высокоурожайных сортов с высокой зимостойкостью, комплексной устойчивостью к основным болезням и высокими технологическими качествами зерна.

Результат селекционной работы во многом зависит от правильного подбора исходного материала: чем он богаче и разнообразнее, тем быстрее можно достичь поставленных целей [2]. Источником ценных морфологических, биологических и хозяйственно-ценных признаков является генофонд мировой коллекции озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Всестороннее изучение коллекционного материала помогает выделить перспективные формы, пригодные для получения новых сортов в условиях Республики Беларусь.

Условия и методика проведения исследований. В 2017-2018 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» проводили изучение образцов коллекции озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения с целью выделения источников хозяйственно-ценных признаков, необходимых для дальнейшего вовлечения их в селекционный процесс.

Почва дерново-подзолистая супесчаная, характеризуется следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH_{KCl} – 5,3-6,6, содержание подвижного P_2O_5 – 178-254 мг/кг, K_2O – 278-420 мг/кг почвы. Следовательно, по основным агрохимическим показателям почва опытного участка вполне пригодна для оценки селекционного материала озимой мягкой пшеницы.

Коллекционный питомник представлен 76 образцами из 7 стран мира (рисунок).

Изучение образцов коллекции проводили по методике UPOV [3]. Площадь делянки 5 м², повторность двукратная. Предшественник – озимый рапс. В качестве контроля использовали сорт лаборатории озимой пшеницы РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» *Элегия*, размещенный в схеме опыта через каждые 10 делянок.

Содержание сырого протеина и клейковины в зерне пшеницы определяли методом ИК-спектроскопии на приборе NIRS-5000.

Закладка полевых опытов проводилась в соответствии с общепринятой методикой по Б.А. Доспехову [4].

Для анализа полученных результатов применяли корреляционный анализ с использованием статистического пакета Microsoft Excel.



Рисунок - Распределение коллекционных образцов в зависимости от происхождения, шт.

Метеорологические условия вегетационного периода в годы исследований различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков, что дало возможность всесторонне изучить коллекционный материал.

Наиболее благоприятным для роста и развития растений оказался 2017 г., что способствовало формированию высокого урожая озимой мягкой пшеницы. Так, среднесуточная температура воздуха в марте и первой декаде апреля 2017 г. была выше средних значений на 3,4-8,5 °С, а количество выпавших осадков составляло 28-23,6% от нормы. Это способствовало возобновлению вегетации растений в ранние сроки и привело к увеличению продолжительности периода кущения. В июле температура воздуха была немного ниже (на 2,1-2,6 °С) или находилась на уровне средней многолетней. Осадков в данном месяце выпало 52-193% от нормы. Относительно невысокая температура воздуха и повышенное количество влаги способствовали хорошему наливу зерна, что привело к формированию высокой массы 1000 зерен у коллекционных образцов в условиях 2017 г.

Вегетационный период 2018 г. оказался наиболее экстремальным для роста и развития растений озимой мягкой пшеницы, особенно в период формирования зерна. Неплохие условия перезимовки способствовали хорошему возобновлению вегетации. Во время цветения озимой пшеницы, в третью декаду мая – первую декаду июня, сумма активных температур была ниже нормы на 11,6%, а количество осадков ниже нормы в 3,6 раза. ГТК в эту фазу составил 0,38, при норме 1,55, что свидетельствует об остром дефиците влаги, которая препятствовала нормальному развитию растений. Температура воздуха во второй и третьей декадах апреля была ниже климатической нормы на 2,6-3,1 °С, а количество выпавших осадков составляло 99-231% от нормы. В первой и третьей декадах мая среднесуточная температура воздуха была на 1,8-2,3 °С выше нормы, а во вторую декаду на 1,6 °С ниже ее. Количество осадков составило 20-206% от нормы. В период налива зерна (вторая декада июня – первая декада июля), сумма активных температур превысила норму на 0,4%, а

количество атмосферных осадков было выше нормы на 19,4%. ГТК за этот период составил 2,28 при норме 1,91. Такие экстремальные погодные условия спровоцировали развитие болезней, таких как фузариоз и септориоз колоса. Избыточное количество осадков во второй декаде июля (136-189 мм от нормы) при средней температуре воздуха 16,2-20,1 °С привело к прорастанию на корню некоторых образцов коллекции озимой пшеницы, что впоследствии негативно сказалось на качестве зерна и его всхожести.

Результаты исследований и их обсуждение. Продуктивность является главным показателем эффективности селекционной работы любой сельскохозяйственной культуры, в том числе и озимой мягкой пшеницы. Выведение нового сорта с максимально возможным уровнем продуктивности является главной задачей современной селекции [5].

Результаты изучения образцов коллекции показали, что в зависимости от сорта и погодных условий в период вегетации урожайность зерна в среднем за два года находилась в интервале 25,1-73,9 ц/га, при этом у контроля *Элегия* она составила 66,6 ц/га. У сортов коллекции *KWS Malibu*, *Pobak* (Германия) и *Балтус* (Австрия) величина данного показателя превысила контроль на 4,3-7,3 ц/га.

Продуктивная кустистость озимой пшеницы является одним из основных элементов структуры урожая. При изучении образцов коллекции установлено, что продуктивная кустистость в среднем за годы исследований варьировала от 1,5 шт. у сорта *Heng 7228* (Китай) до 4,4 шт. у *Liangxing 99* (Китай), а у контроля *Элегия* она составила 2,0 шт. У сортов коллекции *Liangxing 99* и *Yangmai 11* (Китай), *KM-135* (Болгария) величина данного показателя была самой высокой – 4,4; 3,8 и 3,5 шт. соответственно. Наименьшей продуктивной кустистостью (1,6 шт.) была у сортов *Torysa* (Словакия) и *Прелом* (Болгария).

Одним из признаков, который оказывает влияние на продуктивность сорта, является масса 1000 зерен. Это генотипический обусловленный признак, однако погодные условия в период налива зерна оказывают на него существенное влияние. Масса 1000 зерен характеризует крупность семян и является наиболее стабильным компонентом урожая. При посеве крупными семенами у растений узел кущения закладывается глубже и лучше развивается корневая система, что впоследствии приводит к увеличению их продуктивности [6].

На основании результатов исследований установлено, что в среднем за 2017-2018 гг. масса 1000 зерен в коллекционном питомнике была высокой. У контроля *Элегия* величина данного показателя равнялась 54,7 г, а в среднем по коллекции составила 52,2 г. По данному показателю выделились образцы *Мустанг*, *Муравец* (Болгария) и *Veldava* (Словакия), достоверно превысившие контроль на 4,7; 4,8; 5,8 г соответственно.

Независимо от погодных условий вегетационного периода наиболее стабильной в годы исследований масса 1000 зерен была у сортов *Viador*, *Veldava* (Словакия), *Гинес*, *Здравко*, *Царевец*, *Люсил*, *Vladarka*, *Садово 552* (Болгария), *Бононза* (Германия). Разница между минимальным и максимальным значением признака по годам у них не превышала 1,0 г. Иная закономерность наблюдалась у сортов коллекции *Петя*, *Бонония* (Болгария), *Malvina*, *Verita*, *Malyska*, *Solara* (Словакия) и *Al'yans* (Украина). Так, под влиянием погодных

условий масса 1000 зерен у них варьировала в большей степени и изменения по данному признаку составили 16,6; 11,0; 13,5; 11,5; 11,1; 10,8 и 10,6 г соответственно.

Число зерен в главном колосе в среднем за два года изучения находилось в пределах 25,1 -51,1 шт. У сорта *Madejka* (Словакия) величина данного показателя была максимальной, а минимальной у *Sarlota* (Словакия). В среднем по коллекции число зерен в главном колосе составило 37,1 шт., а у контроля *Элегия* – 40,3 шт.

У образцов коллекции *Genoveva*, *Veldava* (Словакия), *KM-135* (Болгария), *Gaoyou 9618* (Китай), *Нукибо*, *Момчил* (Болгария) озерненность колоса была достоверно выше, чем у контроля (48,6; 46,0; 47,5; 46,2; 46,8 и 46,6 шт. соответственно).

Одним из признаков, оказывающих влияние на урожайность и качество зерна озимой мягкой пшеницы, является полегание. Устойчивость к полеганию тесно связана с высотой растений, которая в среднем за 2017-2018 гг. в коллекционном питомнике варьировала от 135 см у образца №301 (Болгария) до 59 см у *Gaoyou 9618* (Китай). У контроля *Элегия* высота растений составила 93 см. В коллекционном питомнике величина данного показателя в среднем равнялась 89 см.

На основании результатов исследований установлено, что к низкорослым сортам (60-70 см.) относятся: *Gaoyou 9618*, *Heng 7228*, *Gaoyou 9409* (Китай), *Густав* (Германия), *PS Zaira* (Словакия).

Содержание белка у образцов коллекции в среднем за годы исследований находилось в интервале от 19,5 % у *Jing 9428* (Китай) до 13,9 % у *KWS Malibu* (Германия). У контроля *Элегия* величина данного показателя составила 14,9 %. Практически все сорта по степени выраженности признака были отнесены к группе со средним и высоким содержанием белка, в том числе и контроль. К сильным пшеницам с очень высоким содержанием белка (≥ 18 %), относятся образцы: *Gaoyou 9681*, *Jing 9428*, *Yangmai 11*, *Gaoyou 9409* (Китай), *Немчиновская 17*, *Немчиновская 57* (Россия).

Содержание клейковины в зерне в среднем за 2017-2018 гг. колебалось от 27,6 % у сорта *Astella* (Словакия) до 39,4 % у *Yangmai 11* (Китай), в то время как у контроля данный показатель составил 30,4 %.

Выводы

1. На основании полученных результатов выделены источники хозяйственно-ценных признаков, имеющие практический интерес для селекционной работы с мягкой озимой пшеницей в условиях Республики Беларусь:

– с урожайностью зерна более 70 ц/га – *KWS Malibu* и *Pobak* (Германия), *Балитус* (Австрия);

– с высокой продуктивной кустистостью (более 3,5 шт.) – *Liangxing 99*, *Yangmai 11* (Китай), *KM-135* (Болгария);

– с высокой массой 1000 зерен (более 54 г) – *Мустанг*, *Мургавец* (Болгария) и *Veldava* (Словакия);

- с высоким числом зерен в главном колосе (более 43 шт.) – *Genoveva*, *Veldava* (Словакия), (Болгария), *Gaoyou 9618* (Китай), *Никибо*, *Момчил*, *КМ-135* (Болгария);

- с высотой растений 60-70 см – *Gaoyou 9618*, *Heng 7228*, *Gaoyou 9409* (Китай), *Густав* (Германия), *PS Zaira* (Словакия);

- с высоким содержанием белка ($\geq 18\%$) – *Gaoyou 9681*, *Jing 9428*, *Yangmai 11*, *Gaoyou 9409* (Китай), Немчиновская 17, Немчиновская 57 (Россия).

2. По комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены образцы – *Gaoyou 9681*, *Yangmai 11* (Китай), *PS Zaira*, *Veldava* (Словакия) и *Густав* (Германия).

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет ; ред. И.В. Медведева [и др.]. – Минск, 2018. – С. 57.

2. *Самофалов, А.П.* Исходный материал в селекции озимой пшеницы на продуктивность / А.П. Самофалов, С.В. Подгорный // *Аграрный вестник Урала*. – 2014 – № 5 (123). – С. 13-16.

3. Широкий унифицированный классификатор Беларуси *Triticum L.* / Ф.И. Привалов [и др.] / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2011 – 48с.

4. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

5. *Созинов, А.А.* Генетика признаков качества зерна у озимой пшеницы / А.А. Созинов, Ф.А. Попереля // *Повышение качества зерна пшеницы* – М.: Колос, 1972. – С. 37-52.

6. *Носатовский, А.И.* Пшеница / А.И. Носатовский. – М.: Колос, 1965. – 328 с.

RESULTS OF THE STUDY OF THE WORLD COLLECTION OF SOFT WINTER WHEAT IN TERMS OF ECONOMIC CHARACTERS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

T. V. Melnikova

The paper reflects the results of the study of the collection material of soft winter wheat of different ecological and geographical origin. Identified are the sources of economic characters which are of interest for breeding in the conditions of the Republic of Belarus.

УДК 633.14«324»:631[526.32+527]

ИСТОЧНИКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В КОЛЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ

Т.В. Ровдо, научный сотрудник, ***Д.Ю. Артюх***, научный сотрудник

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 03.05.2019)

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

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по изучению коллекционных образцов озимой диплоидной и тетраплоидной ржи за 2016-2018 гг. Выделены сортообразцы-источники различных хозяйственно-ценных признаков для селекции озимой ржи.

В формировании зернового рынка России и Беларуси озимой ржи, как наиболее приспособленной к сложным природно-климатическим условиям этих регионов, принадлежит особая роль. Благодаря высокой адаптивности, стрессоустойчивости, зимостойкости, засухоустойчивости ни одна зерновая культура не может сравниться с рожью, как важнейшим генетическим донором устойчивости по способности формировать стабильный урожай в неблагоприятные и экстремальные по погодным условиям годы [1].

Растущий уровень интенсификации сельскохозяйственного производства ставит задачу по созданию новых сортов и гибридов озимой ржи, сочетающих стабильную продуктивность с высокой зимостойкостью, устойчивостью к полеганию, толерантностью к основным биотическим и эдафическим факторам, с улучшенными показателями качества зерна для целевого использования.

Основной базой для создания сорта, как правило, служит исходный материал. Быстрое привлечение в селекционный процесс нового генетически разнообразного исходного материала – одно из условий прогрессивной селекции.

Важную роль в сохранении и пополнении исходного материала играют мировые коллекции, сосредоточенные в национальных и региональных центрах (генных банках) многих стран мира. Использование в скрещиваниях экологически и географически обособленных форм, диких видов ржи позволяет создать исходный селекционный материал для решения проблем: снижения высоты растений, повышения устойчивости к полеганию, зимостойкости, улучшения качества зерна, повышения иммунитета к болезням [2, 3].

Целью исследований было изучение морфо-биологических признаков и свойств образцов коллекции озимой ржи и выделение источников хозяйственно-ценных признаков, необходимых для целенаправленного селекционного процесса.

Материал, методика и условия исследований. Исследования проводили в 2016-2018 гг. Материалом для исследований служили 50 сортов и сортообразцов озимой ржи, представленных разными агроэкотипами и отличающиеся по морфологии своего развития.

В условиях Беларуси основными причинами гибели и изреживания посевов озимых является: вымокание, ледяная корка, выпревание и частично вымерзание. В связи с этим в коллекции проводилась оценка устойчивости к неблагоприятным условиям среды:

Зимостойкость (балл) или по % перезимовавших растений от ушедших в зиму.

Выпревание или поражение снежной плесенью (балл).

На посевах коллекции озимой ржи оценивали устойчивость образцов к основным заболеваниям (снежная плесень, бурая и стеблевая ржавчины, мучнистая роса).

Проводили учет хозяйственно-ценных признаков в полевых и лабораторных условиях.

В качестве контроля для диплоидных сортов были привлечены рецессивно-короткостебельный сорт *Зарница* и доминантно-короткостебельный – *Офелия*, для тетраплоидных – *Пралеска*. Посев проводили в оптимальные для куль-

туры сроки. Норма высева 100 зерен на 1 м². Площадь делянки – 1 м², с раскладкой 20 × 5 см, повторность однократная.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались между собой по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что способствовало объективной оценке коллекционных образцов по основным хозяйственно-ценным признакам.

Изучение коллекционного материала озимой ржи в условиях Беларуси позволило выявить сорта и селекционные сортообразцы, представляющие интерес для селекции.

Результаты исследований. В результате изучения коллекции озимой ржи была выявлена различная реакция образцов на меняющиеся условия среды, определена селекционная ценность сортообразцов озимой ржи.

Практические результаты исследований за 2016-2018 гг. приведены в таблицах 1 и 2.

В зависимости от погодных условий показатели зимостойкости варьировали в пределах 60,2-100,0% (2016 г.), 66,7-98,7% (2017 г.), 67,5-98,8% (2018 г.). Средние значения по зимостойкости сортообразцов колебались от 71,2% (КС-6) до 99,4% (*Велитень* × *Кауно*). Лучшие показатели (94,8-98,3%) по диплоидной группе были у *ПД-5* × *ПД-1*, *ПД-5* × *ПД-3*, *ПД-11*, *Челябинская* × *Кауно*, *Крона* × *ПД-1*, *Синтетик* × *Кауно*, по тетраплоидной (89,9-97,7%) – *Рек-4*, *Журавинка*, *Фламинго*, *Пралеска* × *Верасень*.

Высокая урожайность зерновых культур в сочетании с устойчивостью к полеганию – основной критерий эффективности современной селекции. Анализ научных исследований и практический опыт по вопросам борьбы с полеганием зерновых культур показывает, что одним из методов решения этой проблемы является выведение устойчивых к полеганию короткостебельных сортов.

Также нами были определены биологические признаки в сортах. Такие признаки, как **положение колоса и тип куста** не изменялись: из 50 изученных в коллекции образцов 79% имели полупрямостоячий и прямостоячий тип куста, 21% – промежуточный. По признаку **опушение под колосом** сильноопушенными оказались 19 образцов. Из селекционной практики известно, что особую ценность представляют образцы со слабым и очень слабым опушением. Среди общего количества изучаемых образцов таким качеством обладали: *Кауно* × *ТП-97*, *Никита* × *Кауно*, *Синтетик* × *Кауно*, *Крона* × *Паўлінка*, *Юбилейная* × (*Снежана* × *Дива*), *Паўлінка* × (*Снежана* × *Дива*), *Россита тетра*, *Хрупкая тетра*, *Фламинго*, (*Искра* × *Верасень*) × *Журавинка*.

Слабый и средний восковой налет на листьях был отмечен на 41 образце, сильное проявление данного признака имели 7 образцов.

По **количеству листьев на главном побеге** все образцы имели по 4-5 листа (средняя облиственность), за исключением образцов *ПД-5* × *ПД-1* (6 листьев), *Паўлінка* × *КП-97* (3 листа).

По признаку **форма зерновки** все изученные сортообразцы имели удлиненно-яйцевидную и сжатую с боков зерновку. По признаку **окраска зерновки** наблюдался самый большой полиморфизм – индекс признака находился в пределах 1-7.

Таблица 1 – Результаты испытания коллекционных образцов озимой ржи (среднее за 2016-2018 гг.)

Плоидность, тип короткостебельности	Количество образцов	Зимостойкость, %		Продуктивных стеблей, шт/м ²		Урожайность, г/м ²		Высота, см	
		min – max	среднее	min – max	среднее	min – max	среднее	min – max	среднее
Диплоидная, рецессивно-короткостебельная	19	71,2-99,4	82,6	192-356	287,4	313,7-771,4	563,3	100,5-137,5	124,7
Зарница, ст.	1		90,4		286,5		518,8		133,5
Диплоидная, доминантно-короткостебельная	19	71,7-98,3	86,7	198-319,5	246,6	440,3-742,1	571,2	105-123,6	115,8
Офелия, ст.	1		89,1		221,3		496,6		122,7
Тетраплоидная	9	83,1-97,7	91,6	211,5-347,5	262,1	366,6-725	527,9	100-142,5	130,6
Прагеска, ст.	1		90,7		256,0		543,0		140,8

Таблица 2 – Показатели элементов продуктивности колоса коллекционных образцов озимой ржи (среднее за 2016-2018 гг.)

Плоидность, тип короткостебельности	Количество образцов	Длина колоса, см		Количество цветков, шт.		Количество зерен, шт.		Масса зерна с главного колоса, г		Масса 1000 зерен, г		Озерненность, %	
		min – max	среднее	min – max	среднее	min – max	среднее	min – max	среднее	min – max	среднее	min – max	среднее
Диплоидная, рецессивно-короткостебельная	19	8,7-12,7	10,7	53,2-73,9	63,9	38,1-66,0	51,0	1,4-2,69	2,0	32,7-50,7	40,0	68,7-89,4	79,7
Зарница, ст.	1	-	8,6	-	55,8	-	43,6	-	1,81	-	43,7	-	78,0
Диплоидная, доминантно-короткостебельная	19	10,1-11,7	10,7	58,3-68,7	63,8	42,1-56,5	50,9	2,05-2,78	2,32	39,8-51,7	45,5	66,0-87,0	79,7
Офелия, ст.	1	-	10,3	-	63,4	-	53,0	-	2,24	-	43,7	-	83,5
Тетраплоидная	9	9,9-12,3	11,1	57,8-67,7	63,7	33,4-44,7	39,9	1,55-2,32	2,04	50,4-57,0	53,3	57,1-66,9	62,6
Пралеска, ст.	1	-	12,2	-	70,5	-	42,6	-	2,45	-	58,0	-	60,6

На основании проведенных в период вегетации наблюдений отмечено, что 3 рецессивно-короткостебельных образца превысили по высоте растений Контроль *Зарница* (133,5 см) на 1,5-4 см, 3 доминантно-короткостебельных – контроль *Офелия* (122,7 см) на 0,3-0,9 см и 1 тетраплоидный образец – контроль *Пралеска* (140,8 см) на 1,7 см.

В среднем за годы исследований у диплоидных сортообразцов *Саратовская-6* (RUS), *КС-10* (RUS), *Крона* × *Паўлінка* (BLR), *ПД-5* × *ПД-3* (BLR) высота растений находилась в пределах 100,0-110,0 см. Самым короткостебельным из коллекции тетраплоидной ржи оказался сортообразец *Тетра короткая* (RUS) (100,0 см).

Коллекционные образцы в значительной степени различались и по элементам продуктивности растений. Основным элементом, в наибольшей степени определяющим величину урожая озимой ржи, является густота продуктивного стеблестоя. Высоким этот показатель был у *КС-4*, *КС-3*, *Солнышко*, *Велитень* × *Каупо*, *Тетра короткая* (356,0; 347,7; 344,5; 337,5; 347,5 шт./м² соответственно).

К лучшим формам по продуктивной кустистости отнесли 15 диплоидных образцов, значения у которых колебались от 5,6 до 7,8 шт. стеблей на растение. Среди них *Солнышко*, *Златка*, *Саратовская-6*, *Саратовская-7*, *КС-1*, *КС-3*, *КС-4*, *КС-6*, *КС-11*, *Крона* × *Паўлінка*, *Юбилейная* × *КП-97*, *Юбилейная* × *Офелия*, *Юбилейная* × (*Фаленская* × *Дива*), *ПД-7*, *ПД-8*. Среди тетраплоидных форм по величине продуктивной кустистости превысили стандарт образцы *Рек-1* (5,3 шт.), *Росана* (5,6 шт.), *Тетра короткая* (6,7 шт.).

Продуктивность колоса у лучших образцов коллекционного питомника варьировала от 2,46 до 2,78 г. Выделились по массе зерна с колоса сортообразцы *Юбилейная* × *КП-97* (2,53 г), *Юбилейная* × (*СК* × *Зубровка*) (2,69 г), *Саратовская-7* (2,69 г), *ПД-5* × *ПД-4* (2,78 г). Среди рецессивно-короткостебельных образцов, 58% превысили по этому признаку контроль *Зарница*, у доминантно-короткостебельных, 47% образцов – контроль *Офелия*. Среди тетраплоидных образцов стандарт *Пралеска* оказался лучшим по массе зерна с колоса.

В качестве источников по признакам «число зерен с колоса» и «масса зерна с анализируемого колоса» нами выделены следующие образцы: *Златка*, *Союзная*, *Саратовская-6*, *Саратовская-7*, *КС-4*, *КС-5*, *КС-6*, *КС-8*, *КС-9*, *Велитень* × *Каупо*, *ПД-12*, *ПД-5* × *ПД-4*, *Юбилейная* × *Офелия*, *Юбилейная* × (*СК* × *Зубровка*), *ПД-6*.

По длине колоса значения варьировали в пределах от 8,7 см до 12,7 см. Более длинный колос имели *КС-4* (12,7 см), *Тетра короткая* (12,3 см), *КС-10* (12,2 см), *КС-3* (11,8 см) и *ПД-6* (11,7 см).

Средние значения урожайности зерна за 2016-2018 гг. по сортообразцам колебались от 313,7 (*КС-10*) до 771,4 граммов. Наиболее урожайными были диплоидные образцы *Саратовская-7*, *КС-4* и *ПД-5* × *ПД-4*, которые сформировали 771,4; 769,0 и 742,1 г/м² соответственно и тетраплоидный образец *Тетра короткая* (725,0 г/м²). Урожайность с единицы площади свыше 600 граммов была у 36% коллекционных образцов, от 500 до 600 граммов – у 38% сортообразцов.

За годы изучения по массе 1000 зерен выявлены большие межсортовые различия, а также различия в проявлении самого признака по годам. Источниками крупнозерности могут служить образец *Саратовская-7* (50,7 г), *ПД-5* × *ПД-3* (51,7 г), *Юбилейная* × (*СК* × *Зубровка*) (49,7 г), *ПД-5* × *ПД-4* (49,4 г), *Крона* × *ПД-3* (49,4 г).

В результате всестороннего анализа результатов испытания коллекционных образцов было проведено их распределение по группам доноров хозяйственно-ценных признаков, которые можно использовать в селекционном процессе для улучшения технологических качеств будущих сортов (таблица 3).

Таблица 3 – Источники хозяйственно-ценных признаков для селекции озимой ржи

Признак	Образец
Зимостойкость	ПД-5 × ПД-1, ПД-5 × ПД-3, ПД-11, Челябинская × Каупо, Крона × ПД-1, Синтетик × Каупо, Рек-4, Журавинка, Фламинго, Пралеска × Верасень
Короткостебельность	Саратовская-6, КС-10, Крона × Паўлінка, ПД-5 × ПД-3, Тетра короткая
Количество зерен с колоса	КС-4, КС-5, КС-9, ПД-12, Юбилейная × Офелия, ПД-6
Масса зерна с колоса	Юбилейная × КП-97, Юбилейная × (СК × Зубровка), Саратовская-7, ПД-5 × ПД-4
Масса 1000 зерен	Саратовская-7, ПД-5 × ПД-3, Юбилейная × (СК × Зубровка), ПД-5 × ПД-4, Крона × ПД-3.
Урожайность	Саратовская-7, КС-4, ПД-5 × ПД-4, Тетра короткая

Образцы, выделившиеся по небольшому числу или единичным ценным признакам, представляющим ценность для селекции, а также с комплексом хозяйственно-ценных и биологических признаков, будут использованы нами в качестве исходного материала.

Выводы

1. Изучено 50 сортов и сортообразцов озимой ржи, представленных разными агроэкотипами и отличающихся по морфологии своего развития, выявлены большие межсортовые различия, а также различия в проявлении изучаемых признаков по годам.

2. Выделены образцы-источники зимостойкости, короткостебельности, продуктивности, крупнозерности и других хозяйственно-ценных и биологических признаков.

3. По комплексу хозяйственно-ценных признаков выделились сортообразцы озимой ржи *ПД-5* × *ПД-3* (зимостойкость, короткостебельность и крупнозерность), *ПД-5* × *ПД-4* (масса зерна с колоса, крупнозерность и продуктивность), *Саратовская-7* (масса зерна с колоса, крупнозерность и продуктивность), *Тетра короткая* (короткостебельность и продуктивность), *КС-4* (озерненность и продуктивность).

Литература

1. Урбан, Э.П. Актуальные вопросы повышения хлебопекарных и кормовых качеств озимой ржи методами селекции / Э.П. Урбан // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. научных трудов / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – Вып. 52 – С. 251-257.
2. Кобылянский, В.Д. Теоретическое и практическое значение коллекции ржи и зернофуражных культур / В.Д. Кобылянский, М.В. Лукьянова, Н.А. Радионова // Сб. науч. трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Л., 1987. – Т.100. – С. 40-52.
3. Урбан, Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания / Э.П. Урбан. – Минск: Беларусь. наука, 2009. – 269 с.

SOURCES OF ECONOMIC CHARACTERS IN THE COLLECTION OF WINTER RYE *T.V. Rovdo, D.Yu Artyukh*

The paper states the results of the research on the collection accessions of winter diploid and tetraploid rye for 2016-2018. The varieties – sources of different economic characters for winter rye breeding are identified.

УДК 633.367.2:631.526.32

ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО (*Lupinus Angustifolius* L.) ПО ПРИЗНАКУ «НЕРАСТРЕСКИВАЕМОСТЬ БОБОВ» ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЗЕРНА

Н.В. Анисимова*, канд. биол. наук, **М.Н. Крицкий, В.Ч. Шор**, кандидаты с.-х. наук, **В.В. Гринь**, вед. научный сотрудник, **А.А. Козловский**, научный сотрудник, **Е.Н. Сысолятин***, мл. н. сотрудник, **А.В. Кильчевский***, академик

** Институт генетики и цитологии НАН Беларуси
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 25.02.2019)*

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

Аннотация. В статье обосновывается значимость проводимых исследований в области сокращения потерь зерна в период созревания люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) через использование образцов, несущих гены нерастрескиваемости бобов. Представлены результаты исследования исходного материала люпина узколистного различного происхождения с использованием ДНК-маркеров, связанных с генами, контролирующими фенотипическое проявление данного признака. Выявлены образцы, характеризующиеся нерастрескиваемостью бобов и представляющие интерес для селекции на территории Республики Беларусь.

Введение. Высокое содержание белка в семенах и зеленой массе является неоспоримым достоинством люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) как ценного сырья для кормопроизводства. При этом содержание белка в зерне колеблется от 30 до 35% и более, в зеленой массе – от 18 до 23% в переводе на сухое вещество. На основании расчетов, проведенных в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», оптимальные посевные площади люпина в Республике Беларусь должны составить не менее 100 тыс. га [1]. Возделывание люпина в сельскохозяйственных предприятиях респуб-

лики определяется необходимостью балансирования по белку концентрированных кормов, что позволит сократить импорт дорогостоящего высокобелкового сырья.

Одним из нежелательных признаков у растений люпина является самопроизвольная растрескиваемость бобов в процессе созревания. В этот период створки бобов расходятся, и семена осыпаются вокруг растения, что приводит к неизбежным потерям в урожайности, особенно при несвоевременной уборке. У дикорастущих видов растрескивание бобов способствует естественному распространению семян, однако в условиях современной интенсификации сельхозпроизводства становится крайне нежелательным [2]. Постоянный селекционный мониторинг данного признака, выявление образцов с подобными характеристиками и последующая их выбраковка являются неотъемлемой частью селекции люпина. Особенно актуальным данный вопрос становится при вовлечении в селекционный процесс дикорастущих видов и образцов с отсутствием генов нерастрескиваемости бобов.

Значительная часть сортов люпина, к сожалению, характеризуется в большей или меньшей степени растрескиваемостью бобов, что затрудняет проведение уборочных работ и приводит к значительным потерям при возделывании этой культуры. Благодаря работам австралийских ученых [3] стали известны два гена, которые в рецессивном состоянии обеспечивают нерастрескиваемость плодов: *tardus* (*ta*) и *lentus* (*le*).

К настоящему времени разработаны молекулярные маркеры, тесно связанные с известными генами *tardus* и *lentus*, которые можно использовать в маркер-сопутствующей селекции люпина [4, 5]. В обоих случаях первым этапом разработки маркеров был MFLP-анализ, включающий в себя неспецифическую ПЦР с праймерами к микросателлитным повторам. После изучения сиквенсов полученных фрагментов были подобраны маркеры, специфичные к конкретной последовательности ДНК. Следует отметить, что все австралийские сорта *L. angustifolius*, полученные после сорта *Unicrop* (1973), несут в своих геномах оба гена нерастрескиваемости плодов, а большинство европейских сортов имеет хотя бы один такой ген [6].

С помощью гибридологического анализа белорусскими учеными установлен трехгенный контроль изучаемого признака. Высокая степень растрескиваемости бобов (*seeds shedding*) является диким признаком, контролируемым блоком нормальных генов ($ssh1^+ ssh2^+ ssh3^+$). Высокая степень нерастрескиваемости бобов (устойчивость к осыпанию семян) представляет собой доместикационный (культурный) признак, обусловленный действием блока из трех рецессивных генов: *ssh1 ssh2 ssh3*. Следует указать, что ген *ssh1* обеспечивает прочное соединение боба с его плодоножкой, предотвращая опадение и растрескиваемость бобов. Ген *ssh2* контролирует прочность шва боба, его синонимом – *ta*. Ген *ssh3* обуславливает эластичность створок боба, его синонимом – *le* [7, 8].

Поиск селекционно-ценных генов, разработка молекулярных маркеров к ним значительно облегчают и ускоряют процесс селекции сортов люпина с необходимыми хозяйственными характеристиками, в том числе устойчивостью к

растрескиваемости бобов, а также значительно уменьшает трудоемкость и финансовые затраты на их создание. В сельскохозяйственном производстве имеются и химические препараты на основе смол, которые служат для склеивания створок бобов и снижают их растрескиваемость. Однако этот прием приводит к удорожанию конечного продукта и показывает высокую эффективность только у мелкосемянных видов, таких как рапс, лядвенец рогатый и т.д. Создание технологичных, устойчивых к растрескиванию сортов люпина узколистного является одной из важных задач селекции, использование современных генетических методов и разработок позволит ускорить решение данных проблем.

Цель работы – исследование исходного и гибридного материала люпина узколистного с применением ДНК-маркеров к генам, контролирующим признак «нерастрескиваемость бобов», и выявление перспективных для селекции образцов, несущих аллели нерастрескиваемости.

Материалы и методика исследований. Полевые испытания проводились в 2015-2018 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 моренным суглинком, связно-супесчаная. Характеризуется следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,2-6,4; содержание гумуса – 2,11-2,46%, P_2O_5 – 200-260 мг/кг почвы; K_2O – 220-270 мг/кг почвы.

Закладка полевых экспериментов проводилась по общепринятым методикам [10]. В опытах изучались сорта и образцы люпина узколистного различного эколого-географического происхождения. Предшественник – озимые зерновые. Изучались селекционные образцы люпина узколистного трех направлений использования – зернового, зеленоукосного, сидеративного (41 шт.), гибриды F_1 (39 комбинаций). В качестве контроля высевали сорта *Першацвет*, *Миртан*. Площадь делянки – 1-10 м². Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок – рандомизированное.

Агротехнические мероприятия проводили в сроки и согласно технологическому регламенту. Фосфорно-калийные удобрения вносили общим фоном в основную заправку из расчета $P_{60}K_{90}$.

Молекулярно-генетические исследования проводили в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси с использованием соответствующих методик [4, 5].

Результаты исследований и обсуждение. Селекционная работа по созданию сортов люпина узколистного в отделе зернобобовых культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» проводится с учетом наличия признака «нерастрескиваемость бобов» у создаваемого материала. За годы проводимых селекционных исследований в отделе сформирована многочисленная коллекция сортов, сортообразцов и гибридных форм этой культуры. Для проведения молекулярно-генетических исследований отобраны перспективные образцы исследуемой коллекции люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) в количестве 41 шт.

С использованием методов молекулярно-генетического анализа проведено ДНК-типирование образцов люпина узколистного по одному из ключевых генов хозяйственно-ценных признаков: «нерастрескиваемость бобов». Был про-

веден анализ исходного материала по генам нерастрескиваемости бобов *lentus* (маркеры LeM1, LeM2), *tardus* (маркер TaLi) [9].

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 [4] показал наличие культурных аллелей нерастрескиваемости LeM1^d (126 п.н.) и LeM2^d (204 п.н.) у всех проанализированных образцов.

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. Дикий 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.

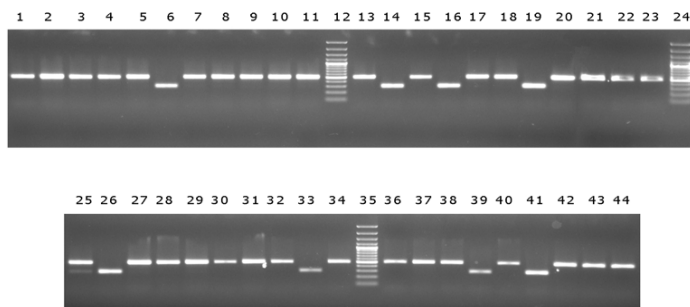
Результат маркерного анализа с помощью маркера TaLi [5] к гену *tardus* показал, что у 80% исследованных образцов выявлен аллель нерастрескиваемости бобов гена *tardus* TaLi^d размером 511 п.н., причем 78% несут целевой аллель в гомозиготном состоянии, около 2% – гетерозиготы.

Однако значительная часть образцов, входящих в состав коллекции (около 20%), несет дикий аллель этого гена TaLi^w (309 п.н.), детерминирующий нежелательный признак – самопроизвольное растрескивание бобов в процессе созревания (рисунок).

Некоторые из образцов, несущих дикий аллель гена *tardus*, были вовлечены в гибридизацию, поскольку обладали ценной комбинацией других селекционно значимых генов в сочетании с высокими значениями признаков продуктивности. Исходя из этого, для гена *tardus* уже на этапе F₁ необходим тщательный ДНК-контроль гибридного потомства для отбора комбинаций, несущих целевые аллели, и выбраковки неперспективных генотипов с дикими аллелями.

Среди протестированных нами гибридов F₁ (39 комбинаций скрещивания) выявлено 35 комбинаций, имеющих культурный аллель гена *tardus*, 50% из них (18 комбинаций) – в гомозиготном состоянии. Ген *lentus* выявлен у всех проанализированных образцов.

Каждый из двух известных генов, контролирующих склонность плодов люпина к растрескиванию (*tardus* и *lentus*), лишь частично уменьшает растрескивание и не может гарантировать полную сохранность бобов. Для преодоления этого нежелательного для коммерческих сортов свойства необходимо присутствие в геноме селективируемого образца двух указанных генов. Добиться этого можно, используя методы ДНК-контроля для сопровождения селекционного процесса.



1 – Миртан st, 2 – 17ks-5 msa, 3 – 17ks-3 msa, 4 – 17ks-6 msa, 5 – 17ks-7 msa, 6 – 17ks-8 msa, 7 – 17ks-9 msa, 8 – 17ks-1 msa, 9 – 17ks-01 msa, 10 – 17ks-10 msa, 11 – 17ks-16 msa, 13 – 17ks-14 msa, 14 – 17ks-15 msa, 15 – 17ks-13 msa, 16 – 17ks-17 msa, 17 – 17ks-12 msa, 18 – 17ks-11 msa, 19 – 17kol-16 msa, 20 – 17kol-15 msa, 21 – 17kp-5 msa, 22 – 17kp-7 msa, 23 – 17kp-9 msa, 25 – 17kp-12 msa, 26 – 17kp-21 msa, 27 – 17kp-25 msa, 28 – 17kp-33 msa, 29 – 17kp-37 msa, 30 – 17kp-82 msa, 31 – 17kp-88 msa, 32 – 17kol-21 msa, 33 – 17kol-24 msa, 34 – 17kp-47 msa, 36 – 17kp-87 msa, 37 – 17kol-28 msa, 38 – 17kol-31 msa, 39 – 17kol-35 msa, 40 – 17kol-36 msa, 41 – 17kol-40 msa, 42 – 17kol-47 msa, 43 – 17kol-48 msa, 44 – Першацвет st, 12, 24, 35 – маркер GeneRuler 100 bp+

Рисунок – Результаты генотипирования коллекции образцов узколистного люпина с помощью маркера TaLi к гену нерастрескиваемости бобов *tardus*

Выводы

1. Применение методов молекулярно-генетического анализа позволяет существенно ускорить селекционный процесс по созданию высокотехнологичных сортов, возделывание которых обеспечит снижение потерь зерна в процессе созревания бобов за счет потерь, связанных с растрескиваемостью.

2. Проведено генотипирование культурных аллелей генов *tardus*, *lentus*, контролирующих хозяйственно-важный признак «нерастрескиваемость бобов» у образцов люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) с использованием специфических ДНК-маркеров. Маркерный анализ коллекции исходных форм показал присутствие гена нерастрескиваемости *lentus* у всех образцов. По гену нерастрескиваемости бобов *tardus* в исследуемой коллекции выявлен полиморфизм. Около 20% сортов несут дикий аллель, детерминирующий нежелательный признак самопроизвольное растрескивание боба в процессе созревания.

3. Проанализированы гибриды F₁, выявлены комбинации, несущие культурные аллели нерастрескиваемости генов *tardus* и *lentus* для продолжения селекционной работы.

4. Целенаправленный ДНК-контроль полученных гибридных форм в последующих поколениях дает возможность эффективно выявлять и отбирать перспективные генотипы, несущие культурные аллели данного признака, и

своевременно исключать нежелательные комбинации с дикими аллелями, выщепляющимися в гибридных популяциях.

Литература

1. 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.
2. Стержневая генетическая коллекция *Lupinus angustifolius* L.: генетика, формирование биологического банка генов, использование / Н.С. Купцов [и др.]; ред.: С.И. Гриб, В.С. Анохина; НАН Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2014. – 126 с.
3. Gladstones, J.S. Selection for economic characters in *Lupinus angustifolius* and *L. digitatus*. 1. Non-shattering pods// Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. – 1967. – N 7. – P. 360-366.
4. 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.
5. 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. – №176. – P. 49-58.
6. Cowling, W.A. Pedigrees and characteristics of narrow-leaved lupin cultivars released in Australia from 1967 to 1998 / W.A. Cowling // Agric. WA. – Bulletin. – May 1999. – 4365. – 11 p.
7. Купцов, Н.С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н.С. Купцов, И.П. Такунов. – Брянск, Клинцы: Изд-во ГУП «Клинцовская городская типография», 2006. – 576 с.
8. Купцов Н.С. Стержневая генетическая коллекция *Lupinus angustifolius* L. Генетика, формирование биологического банка генов, использование/ Н.С. Купцов, Ф.И. Привалов, И.С. Матыс / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2014. – 95с.
9. 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.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агро-промпиздат, 1985. – 351 с.

STUDY OF THE INITIAL MATERIAL OF BLUE LUPINE (*Lupinus angustifolius* L.) ON THE CHARACTER “POD INDEHISCENCE” FOR GRAIN LOSS REDUCTION

N.V. Anisimova, M.N. Kritsky, V.Ch.Shor, V.V. Grin, A.A. Kozlovsky, E.N. Sysolyatin, A.V. Kilchevsky

*The paper substantiates the significance of the conducted research in the field of grain loss reduction during the period of blue lupine (*Lupinus angustifolius* L.) ripening using the accessions with the gene of indehiscent pod. Presented are the results of the research on the initial material of blue lupine of different origin with the use of DNA-markers connected with the genes controlling phenotypic exhibition of this character. Identified are the accessions with indehiscent pods that are of interest to breeding on the territory of the Republic of Belarus.*

ИСТОЧНИКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В КОЛЛЕКЦИИ ГРЕЧИХИ

*А.Т. Стабровская, Н.А. Лужинская, кандидат с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила в печать 20.03.2019)*

Рецензент: Гордей С.И., канд. биол. наук

***Аннотация.** В статье представлены результаты изучения в полевых условиях коллекционных образцов гречихи различного эколого-географического происхождения с целью выявления источников хозяйственно-ценных признаков для дальнейшего использования в селекционном процессе. Выявлены образцы, которые целесообразно использовать в селекции как источники скороспелости, короткостебельности, высокой продуктивности и крупности зерна.*

Введение. Крупьяным культурам принадлежит особая роль в обеспечении людей ценными пищевыми продуктами [5]. Гречиха – одна из основных крупяных культур в Беларуси. Изготовленная из нее крупа и мука служат незаменимыми продуктами питания, прежде всего, для детей, пожилых людей, а также лиц, страдающих диабетом. Гречиха отличается повышенным содержанием веществ, характеризующихся высокими питательными, вкусовыми и диетическими достоинствами [6].

Для получения высоких и устойчивых урожаев гречихи необходимо выведение новых сортов, сочетающих высокую продуктивность, скороспелость, дружность созревания, устойчивость к засухе, отрицательной температуре, полеганию, осыпанию, болезням и вредителям, низкую плечатость, высокие технологические качества зерна и т.д.

Положительный результат любой селекционной работы зависит от наличия разнообразного, хорошо изученного исходного материала, а также правильный подбор родительских форм для скрещивания. С этой целью проводится изучение коллекции в конкретных почвенно-климатических условиях для выявления и включения в селекционный процесс наиболее перспективного материала, который соответствует поставленным целям.

Для создания сортов гречихи, которые будут обладать высоким потенциалом хозяйственно-полезных признаков, нами была поставлена цель изучить коллекционные образцы гречихи и подобрать родительские формы для дальнейших комбинаций скрещиваний.

Условия и методика проведения исследований. Изучение коллекционного материала проводили в 2017-2018 гг. в селекционно-семеноводческом севообороте РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва опытных участков дерново-подзолистая супесчаная, характеризуется следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH_{KCl} – 5,3-6,6, содержание подвижного P_2O_5 – 178-254 мг/кг, K_2O – 278-420 мг/кг почвы. Следовательно, по основным агрохимическим показателям почва опытных участков вполне пригодна для оценки селекционного материала гречихи.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались между собой по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что способствовало объективной оценке коллекционных образцов.

Закладка полевых опытов проводилась в соответствии с общепринятой методикой по Б.А. Доспехову [4].

Предшественником гречихи являлись зерновые культуры. Фосфорно-калийные удобрения ($P_{60}K_{90}$) вносили осенью под зяблевую вспашку, а азотные (N_{30}) – весной под предпосевную культивацию, которую выполняли комбинированным агрегатом АКШ-3,6.

Посев гречихи проводили в 3-й декаде мая. Способ посева – рядовой с нормой высева 3,0 млн/га всхожих семян. Размещение делянок в коллекционном питомнике – рендомизированное. Технологию возделывания гречихи в опытах осуществляли в соответствии с отраслевым регламентом [3].

Уход за посевами в коллекционном питомнике включал проведение защитных мероприятий против двудольных и однодольных сорняков с использованием довсходового гербицида гамбит (1,0 л/га) и граминцида фюзилад форте (1,5 л/га).

Для предотвращения переопыления между собой сортообразцы гречихи в коллекционном питомнике высевали в биологической изоляции. В качестве последней для диплоидных образцов использовали тетраплоидную гречиху, а для тетраплоидных – диплоидную.

В течение вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, целью которых было установление дат наступления основных фаз развития растений гречихи. Онтогенез гречихи подразделяется на 2 больших периода: вегетативный и генеративный [2]. В вегетативный период отмечали появление всходов, развитие 1-го настоящего листа, наступление фазы бутонизации. В генеративный период вели наблюдения за цветением, плодообразованием и созреванием плодов.

Перед уборкой гречихи отбирали пробные снопы для определения основных биометрических показателей культурных растений по общепринятой методике [1].

Математическая обработка результатов исследований проведена с использованием пакета прикладных программ Б.Ю. Анощенко АБ-СТАТ.

Результаты исследований и их обсуждение. Изучавшиеся 60 образцов гречихи имеют разное эколого-географическое происхождение. Так, основную долю (27 шт. или 45,0%) в коллекции составили образцы из Беларуси, 12 шт. (20,0%) – из Украины, 10 шт. (16,7%) – из России, 3 шт. (5,0%) – из Казахстана (рисунок 1). У 8 коллекционных номеров (13,3%) страна происхождения неизвестна.

Коллекционные образцы гречихи, изучавшиеся в 2017-2018 гг., различались между собой по пloidности (диплоидные и тетраплоидные), морфотипу (индетерминантные, детерминантные, одностебельные), скороспелости, а также окраске цветков, стеблей и листьев.

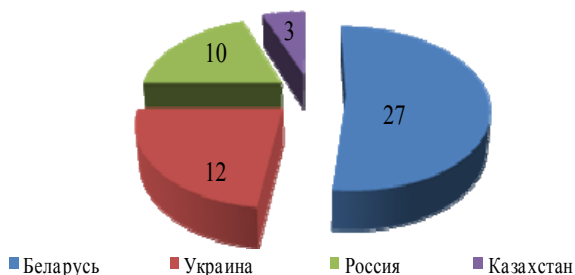


Рисунок 1 – Разнообразие коллекции гречихи по эколого-географическому происхождению, шт.

Продолжительность вегетационного периода сорта является признаком, определяющим пригодность его для возделывания в данной зоне. Длина вегетационного периода и продолжительность прохождения отдельных фенологических фаз очень важна при подборе пар для скрещивания и в процессе работы с гибридным и селекционным материалом, так как скороспелые сорта обеспечивают своевременное проведение уборки, получение полноценного, высококачественного семенного материала.

Установлено, что изучаемые сорта тетраплоидной гречихи в среднем за годы изучения имели вегетационный период 72-89 сут., а диплоидные – 63-103 сут. Наиболее коротким вегетационный период был у коллекционных сортообразцов диплоидной гречихи *Каракитянка*, *Саулык* и *Шортондинская крупнозерная* (63 сут.), а также у тетраплоидного сорта *Ружа* (72 сут.). В 2017 г. тетраплоидные образцы гречихи созрели в среднем за 90 сут., а диплоидные – за 81 сут., в 2018 г. – тетраплоидные сорта за 80 сут., диплоидные – за 79 сут.

Определена продолжительность межфазных периодов гречихи (рисунки 2, 3). Наиболее короткий период «всходы–1-й настоящий лист» отмечен у коллекционных сортов тетраплоидной гречихи *Танюша*, *Ружа* и контрольного сорта *Александрина* (7-8 сут.), диплоидной – *Агата 1*, *Агата 2* и *Аметист* (6-7 сут.). Более коротким периодом «плодообразование-побурение» отличаются тетраплоидные образцы гречихи *Ружа*, *Омега*, *Лена* (18-30 сут.) и диплоидные *Каракитянка*, *Шортондинская крупнозерная* и *Саулык* (10-11 сут.). Возможно, включение в скрещивания указанных выше сортов позволит получить более скороспелые образцы, чем каждый из родительских компонентов.

Таким образом, в качестве источников скороспелости можно использовать коллекционные сортообразцы диплоидной гречихи *Каракитянка*, *Шортондинская крупнозерная*, *Саулык* и тетраплоидный сорт *Ружа*.

Высокая урожайность – основное требование, предъявляемое к сорту. Вновь созданный сорт может получить распространение в производстве только в том случае, если он формирует более высокую и устойчивую урожайность, чем лучшие из существующих сортов данной культуры.

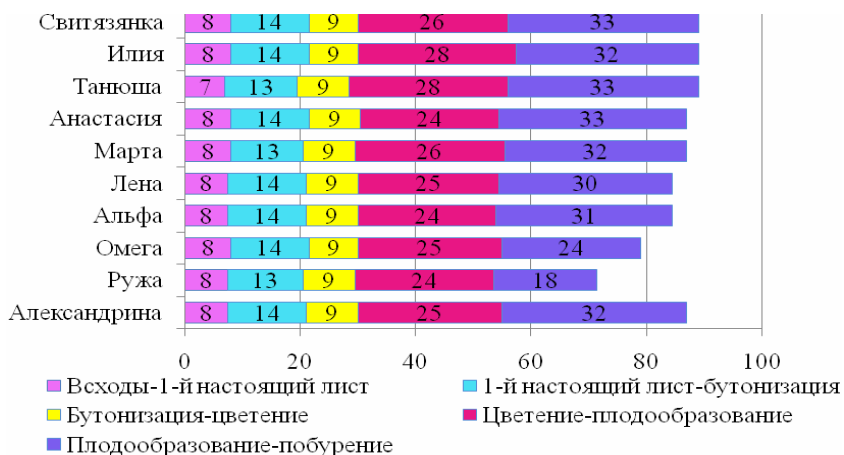


Рисунок 2 – Продолжительность межфазных периодов у коллекционных образцов тетраплоидной гречихи, суток (среднее за 2017-2018 гг.)

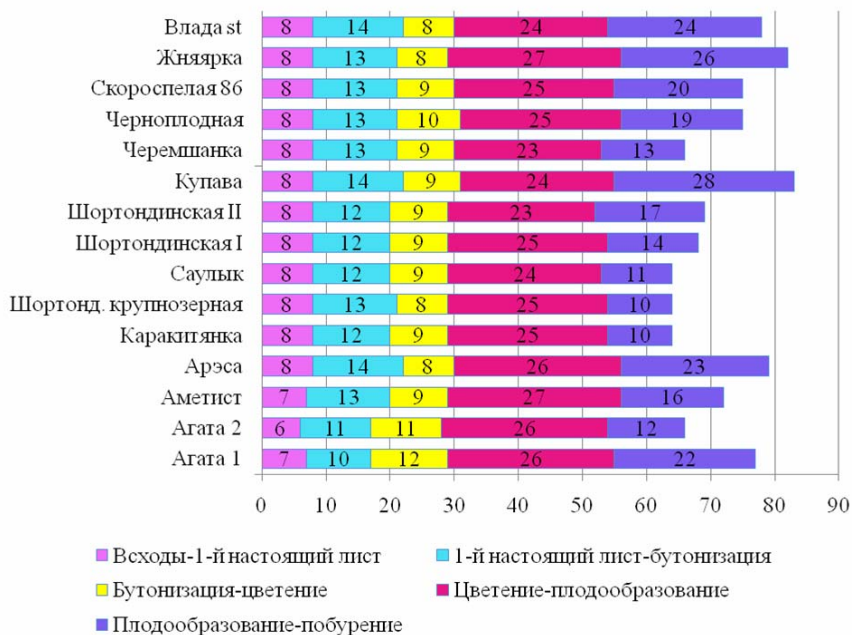


Рисунок 3 – Продолжительность межфазных периодов у коллекционных образцов диплоидной гречихи, суток (среднее за 2017-2018 гг.)

При проведении сравнительной оценки 60 коллекционных сортов гречихи установлено, что в сложившихся погодных условиях 2017-2018 гг. тетраплоидные сортообразцы гречихи сформировали урожайность зерна в среднем 17,9 ц/га, а диплоидные – 16,7 ц/га. Контрольный сорт *Александрина* по этому показателю достоверно превысил все тетраплоидные сорта (*Лена*, *Ружа*, *Альфа*, *Свитязянка*, *Марта*, *Анастасия*, *Илия*, *Танюша* и *Омега*). Величина прибавки урожайности зерна у этих сортов составила 1,2; 1,8; 1,9; 2,4; 3,4; 3,5; 3,8; 4,1 и 4,6 ц/га соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зерна коллекционных сортов гречихи, превысивших сорта-стандарты, ц/га (среднее за 2017-2018 гг.)

Коллекционный сорт	Страна происхождения	Урожайность, ц/га			
		образца	контроля	отклонение от стандарта, ±	
				ц/га	%
1	2	3	4	5	6
<i>Тетраплоидная гречиха</i>					
1. <i>Александрина (ср.) – St</i>	Беларусь	15,2			
2. <i>Лена</i>	Беларусь	16,4	15,2	1,2	7,9
3. <i>Ружа</i>	Беларусь	17,0	15,2	1,8	11,8
4. <i>Альфа</i>	Беларусь	17,1	15,2	1,9	12,5
5. <i>Свитязянка</i>	Беларусь	17,6	15,2	2,4	15,8
6. <i>Марта</i>	Беларусь	18,6	15,2	3,4	22,4
7. <i>Анастасия</i>	Беларусь	18,7	15,2	3,5	23,0
8. <i>Илия</i>	Беларусь	19,0	15,2	3,8	25,0
9. <i>Танюша</i>	Беларусь	19,3	15,2	4,1	27,0
10. <i>Омега</i>	Беларусь	19,8	15,2	4,6	30,3
<i>НСР₀₅</i>		<i>1,5-2,4</i>			
<i>Диплоидная гречиха</i>					
1. <i>Влада (ср.) – St</i>	Беларусь	19,8			
2. <i>Шортандинская 1</i>	Казахстан	20,0	19,8	0,3	1,3
3. <i>Оранта</i>	Украина	20,8	19,8	1,0	5,1
4. <i>Тройка</i>	Россия	21,3	19,8	1,5	7,6
5. <i>Аметист</i>	Беларусь	21,9	19,8	2,2	10,9
6. <i>Лакнея</i>	Беларусь	22,1	19,8	2,4	11,9
7. <i>Дождик</i>	Беларусь	22,1	19,8	2,4	11,9
8. <i>Смуглянка</i>	Беларусь	22,1	19,8	2,4	11,9
9. <i>Дизайн</i>	Россия	22,4	19,8	2,7	13,4
10. <i>Девятка</i>	Россия	22,6	19,8	2,9	14,4
11. <i>Ажурная детерминантная</i>	Украина	22,8	19,8	3,1	15,4
12. <i>Темп</i>	Россия	22,8	19,8	3,1	15,4
13. <i>Диалог</i>	Россия	23,6	19,8	3,9	19,5
14. <i>Купава</i>	Беларусь	25,1	19,8	5,4	27,7
<i>НСР₀₅</i>		<i>1,8-3,0</i>			

В диплоидной группе достоверную прибавку урожайности зерна по сравнению с контрольным сортом *Влада* обеспечили 13 сортов гречихи. Величина

этого показателя у данных сортов находилась в пределах 0,3-5,4 ц/га (таблица 1). Следовательно, представленные в таблице сорта могут считаться источниками высокой продуктивности гречихи.

Высота растения – важный сортовой признак. В среднем у тетраплоидных коллекционных сортов этот показатель составил 103,1 см. Наиболее низкорослыми были сортообразцы *Ружа*, *Омега* и *Альфа*, у которых величина данного показателя составила 91,3; 93,0 и 95,0 см соответственно. Незначительное превышение по высоте растений над стандартом в тетраплоидной группе отмечено у сортов *Марта* (105,7 см), *Свитязянка* (110,6 см), *Анастасия* (111,3 см) и *Илия* (115,3 см) при высоте растений контрольного сорта *Александрина* 105,2 см (таблица 2).

Таблица 2 – Высота растений у короткостебельных популяций гречихи, см (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Высота растения, см
<i>Тетраплоидная гречиха</i>	
Ружа	91,3
Омега	93,0
Альфа	95,0
<i>Александрина – St</i>	102,5
<i>Диплоидная гречиха</i>	
Диалог	81,6
Темп	84,6
Каракитянка	85,7
Тройка	86,7
Ажурная детерминантная	87,0
Черемшанка	88,6
Саулык	89,9
Шортондинкая I	91,6
Черноглазка	91,8
Девятка	92,5
Курская 87	93,7
Купава	94,0
Дизайн	94,4
Арэса	94,4
Аметист	95,1
Кара-Даг	95,1
Кармен	95,2
Жаданне	95,8
Сумчанка	96,1
Шортондинская крупнозерная	96,0
<i>Влада – St</i>	96,6

В годы исследований высота растений диплоидных коллекционных образцов гречихи варьировала в среднем от 81,6 до 148,4 см (таблица 2). Ниже контроля *Влада* (96,6 см) этот показатель был у 20 сортообразцов. Наиболее низкорослыми оказались растения у популяций *Диалог* (81,6 см) и *Темп* (84,6 см).

Следовательно, источниками короткостебельности можно считать тетраплоидные сорта *Ружа*, *Омега*, *Альфа* и 20 диплоидных популяций, особенно *Диалог* и *Темп*.

Масса 1000 зерен – важный признак, характеризующий технологическую ценность зерна гречихи. При проведении исследований выявлено, что в 2017 г. у коллекционных сортов диплоидной гречихи с детерминантным типом роста в среднем масса 1000 зерен оказалась выше, чем у индетерминантных форм и составила 29,9 и 27,8 г соответственно. Самым низким этот показатель был у индетерминантных сортов *SPACINSCA* (24,2 г) и *Жаданне* (24,5 г), а самым высоким – у детерминантных *Дизайн* (33,9 г), *Кармен* (33,7 г) и *Кара-Даг* (33,1 г). В 2018 г. у детерминантных форм масса 1000 зерен была 30,5 г, а у индетерминантных – 29,1 г. Самым низким этот показатель был у индетерминантных сортов *Черноглазка* (26,5 г) и *Жемчужина Подолья* (28,4 г), а самым высоким – у детерминантных *Дизайн* (35,9 г), *Кармен* (33,5 г) и индетерминантного *Роксолана* (34,4 г) (таблица 3).

Таблица 3 – Сортообразцы гречихи, превышающие сорта-стандарты по массе 1000 зерен, г

Образец	Масса 1000 зерен, г		
	2017 г.	2018 г.	Среднее
<i>Тетраплоидная гречиха</i>			
<i>Александрина st</i>	36,7	38,4	37,6
<i>Марта</i>	38,4	37,3	37,9
<i>Лена</i>	36,9	41,3	39,1
<i>Анастасия</i>	39,2	39,9	39,5
<i>Альфа</i>	39,3	40,4	39,9
<i>Омега</i>	39,3	42,1	40,7
<i>Диплоидная гречиха</i>			
<i>Влада st</i>	30,4	30,9	30,7
<i>Роксалана</i>	29,2	34,4	31,8
<i>Кармен</i>	33,7	33,5	33,6
<i>Кара-Даг</i>	33,1	36,4	34,7
<i>Дизайн</i>	33,9	35,9	34,9

Масса 1000 зерен у изучаемых образцов тетраплоидной гречихи в 2017 г. изменялась от 34,3 г у сорта *Святаязюнка* до 39,3 г у сортов *Омега* и *Ружа*. Высокой величиной этого показателя отличались также сорта *Анастасия* (39,2 г) и *Марта* (38,4 г). В 2018 г. масса 1000 зерен в зависимости от сортообразца варьировала от 36,6 г до 45,3 г. Наиболее крупными семенами отличались такие сорта как *Лена*, *Омега* и *Альфа*, у которых данный показатель составил 41,3; 42,1 и 45,3 г соответственно. Наименьшей величиной этого показателя характеризовались сорта *Святаязюнка* (36,6 г) и *Марта* (37,3 г).

В среднем за годы исследований более высокую массу 1000 зерен имели тетраплоидные сортообразцы гречихи *Лена*, *Анастасия*, *Альфа*, *Омега* (39,1-40,7 г), а также диплоидные *Кармен*, *Кара-Даг* и *Дизайн* (33,6-34,9 г).

Выводы

1. Выделены коллекционные сорта гречихи, которые отличаются скороспелостью, низкорослостью, высокими показателями урожайности и массы 1000 зерен.

2. В качестве источников скороспелости можно использовать сорта диплоидной гречихи *Каракитянка*, *Шортандинская крупнозерная*, *Саулык* (63 сут.) и тетраплоидный сорт *Ружа* (72 сут.).

3. Источниками высокой урожайности гречихи могут являться 9 тетраплоидных сортов (*Илья*, *Танюша*, *Омега* и др.) и 13 диплоидных (*Темп*, *Диалог*, *Купава* и др.).

3. Источниками короткостебельности можно считать тетраплоидные сорта *Ружа*, *Омега* и *Альфа*, у которых высота растений составила 91,3; 93,0 и 95,0 см соответственно и диплоидные *Диалог* (81,6 см) и *Темп* (84,6 см).

4. Тетраплоидные сорта гречихи *Лена*, *Анастасия*, *Альфа*, *Омега* и диплоидные *Кармен*, *Кара-Даг* и *Дизайн* можно использовать в качестве источников высокой крупности зерна.

Литература

1. Анализ структуры растения гречихи: метод. рекомендации / Украинская ААН, Каменец-Подольский с.-х. ин-т, Проблемная науч.-исслед. лаборатория по гречихе, Черновицкая ГОСХОС; авт.-сост. Л.П. Бочкарева; под ред. Е.С. Алексеевой. – Черновцы, 1994. – С. 45.

2. *Анохина, Т.А.* Методы и результаты селекции диплоидных сортов гречихи: дис. д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Т.А. Анохина. – Жодино, 1990. – 266 с.

3. Возделывание гречихи / Т.А. Анохина, Р.М. Кадыров // Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграрной экономики НАН Беларуси; рук. разработ.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2005. – С. 99-107.

4. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. – М.: Колос, 1985. – 351 с.

5. *Тарануха, Г.И.* Селекция гречихи: лекция / Г.И. Тарануха // БГСХА. – Горки, 1990. – С. 3.

6. *Терехов, А.И.* Гречиха / А.И. Терехов, А.Д. Савкина, Н.В. Фесенко [и др.]. – М.: Россельхозиздат, 1978. – С. 5.

SOURCES OF ECONOMIC CHARACTERS IN THE BUCKWHEAT COLLECTION

A.T. Stabrovskaya, N.A. Luzhinskaya

The article presents the results of the research on the buckwheat collection accessions of different ecological and geographical origin in field conditions in order to identify the sources of economic characters for their further use in breeding. Identified are the accessions which can be used in breeding as sources of early ripeness, short stem, high yield and grain size.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГОРОХА ПОЛЕВОГО И ПОСЕВНОГО В КОНКУРСНОМ СОРТОИСПЫТАНИИ

*Л.И. Гвоздова, М.Н. Крицкий, В.Ч. Шор, М.В. Евсеенко, кандидаты с.-х. наук,
Т.С. Крайко, Т.В. Тихомирова*

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 04.04.2019)*

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук,
член-корреспондент НАН Беларуси

***Аннотация.** В статье приводятся и анализируются результаты трехлетних исследований сортообразцов гороха в конкурсном сортоиспытании. Установлено, что по комплексу хозяйственно – биологическим признакам выделились образцы Э-2815 (Виктор) и Э-2738 (Спринт), которые переданы в Государственное сортоиспытание Республики Беларусь.*

Введение. Горох как кормовая культура является одной из наиболее распространенных бобовых культур в Республике Беларусь, площади посева которой постоянно растут. Почвенно-климатические условия республики благоприятны для вегетации и продукционного процесса гороха.

Зеленая масса и семена отличаются высокими кормовыми достоинствами и используются для скармливания всем видам животных. По аминокислотному составу белок гороха близок к белкам животного происхождения. При этом белок гороха отличается от такового других зернобобовых культур высоким процентным содержанием лизина. Вследствие интенсивного роста в начале вегетации горох в смесях с другими культурами широко используется в системе зеленого конвейера, а также для приготовления высококачественного сена, силоса, сенажа. Включение гороха в севооборот эквивалентно внесению 30-60 кг/га минерального азота, что способствует повышению урожайности последующих культур [1, 3].

В настоящее время в Республике Беларусь развернут полный селекционный процесс по гороху. Собран генофонд, отвечающий требованиям климатической зоны Беларуси. Однако следует отметить, что урожайность зернобобовых в сельскохозяйственных предприятиях нестабильна по годам и не всегда удовлетворяет запросам современного производства. Причинами низкой урожайности являются недостаточная селекционная проработанность культур в отношении их адаптивности к условиям возделывания, а также несовершенство технологий возделывания, направленных на реализацию потенциала продуктивности сортов в производстве [5, 7].

С учетом специфики почвенно-климатических условий и требований производства перед селекцией гороха ставятся вполне определенные конкретные задачи. К сортам предъявляются следующие общие требования: высокая и устойчивая урожайность при хорошем качестве продукции, устойчивость к полеганию, вредителям, грибным, бактериальным и вирусным болезням и пригодность к местным почвенно-климатическим условиям по продолжительности вегетационного периода [2, 4, 6].

В 2016-2018 гг. в рамках Государственной научно-технической программы «Агрокомплекс – 2020» были выполнены работы по созданию сорта гороха зернофуражного направления использования, превышающего по урожайности зерна стандарт на 5%, обладающего устойчивостью к полеганию, основным болезням и высоким качеством зерна. Целью работы являлась оценка созданного нового селекционного материала по основным хозяйственно ценным признакам и выделение перспективных образцов гороха, обладающих высокой потенциальной продуктивностью и устойчивостью к полеганию и болезням.

Материал и методика проведения исследований. Питомник конкурсного сортоиспытания заложен на землях, закреплённых за РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: рН – 6,4-6,5, содержание P_2O_5 – 185-200 мг/кг, K_2O – 240-260 мг/кг почвы.

Погодные условия в течение вегетации 2016 г. характеризовались достаточно теплым температурным режимом. Начало апреля также сопровождалось повышенными температурами, особенно первая декада, когда температура на 5,6 °С превышала среднюю многолетнюю. Однако в последней декаде воздух прогревался на 1,8 °С ниже средней. В итоге средняя температура в апреле составила 8,0 °С, что на 2,3 °С выше нормы. Сумма выпавших осадков за этот месяц составила 38,4 мм, что было близким к норме (85,3%). Близкими эти показатели были по всем декадам, поэтому в апреле складывались достаточно хорошие условия для посева и посадки сельскохозяйственных культур.

В первой половине вегетации растений наблюдалась умеренно теплая погода с дефицитом осадков, что в конечном итоге сказалось на особенностях формировании урожая зернобобовых культур в этом году. На фоне повышенной температуры наблюдался некоторый дефицит влаги в третьей декаде мая и первой декаде июня (42,8-22,4%). В целом же за май-июнь выпало 32,8-37,8 мм осадков, что составило 58,7-47,7% от нормы. В этот период растения зернобобовых культур находились в фазах цветения и образования бобов. На этом фоне развития болезней селекционных питомниках зернобобовых культур в начальные фазы роста и развития не зафиксировано.

Однако уже с первой декады июля и на протяжении всего месяца количество выпавших осадков превысило норму. Август был также теплее, чем обычно и в среднем характеризовался как месяц с умеренным выпадением осадков (77,2% от нормы). Однако, несмотря на большое количество атмосферных осадков во второй декаде (148,1% от нормы) в первой и третьей декадах наблюдался некоторый дефицит влаги (50,0-37,5% от нормы). Таким образом, создавшиеся климатические условия позволили быстро и качественно провести уборку.

Погодные условия в период вегетации 2017 г. по отношению к среднемноголетним как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков были различными. В первой декаде апреля среднесуточная температура воздуха превышала норму на 5,1 °С, в то время как количество атмосферных осадков было

ниже ее в 4,7 раза. Во второй и третьей декадах этого месяца температура воздуха была ниже нормы на 2,6-3,1 °С. При этом отмечались ночные заморозки. Атмосферные осадки в этот период выпадали неравномерно в количестве, превышающем среднесуточный уровень на 25,3%

Первая декада мая была прохладной и избыточно влажной, в течение которой среднесуточная температура воздуха была ниже среднесуточных значений на 2,3 °С, а количество атмосферных осадков превышало этот показатель в 2,2 раза. Во второй декаде этого месяца среднесуточная температура воздуха была ниже нормы на 1,6 °С, а количество атмосферных осадков ниже ее в 3,6 раза. В третьей декаде мая температура воздуха превышала среднесуточный уровень на 1,8 °С при практически полном отсутствии осадков. Недостаточным увлажнением отличалась и вторая декада этого месяца, на протяжении которой количество осадков составило 37% нормы, в то время как среднесуточная температура воздуха превышала этот показатель на 0,7 °С.

Метеорологические условия в 2018 г. существенно отличались от среднесуточных значений как по среднесуточной температуре воздуха, так и по количеству выпавших осадков. В первой декаде апреля среднесуточная температура воздуха превышала норму на 3,7 °С, в то время как количество атмосферных осадков было ниже ее в 2,0 раза. Во второй и третьей декадах этого месяца температура воздуха была выше нормы соответственно на 4,0 и 2,0 °С. При этом вторая декада характеризовалась отсутствием атмосферных осадков, а в третьей декаде их количество было ниже нормы на 11,5%.

За основную часть периода вегетации зернобобовых культур в 2018 г. (первая декада мая – третья декада июня), когда растения достигли начала налива зерна, сумма активных температур была выше нормы на 14,9%, а количество атмосферных осадков ниже на 46,6% при крайне неравномерном их выпадении. Гидротермический коэффициент (ГТК) за указанный выше период составил 0,77 при среднесуточном уровне за указанный выше период 1,66. С учетом интенсивного выпадения осадков в июле при относительно невысокой среднесуточной температуре воздуха ее сумма за весь период вегетации гороха была выше нормы на 10,7%, а количество атмосферных осадков ниже на 4,2% при ГТК 1,47.

Разнообразие погодных условий в период проведения исследований позволило дать достаточно объективную оценку изучаемым образцам.

В конкурсном сортоиспытании изучались селекционные сортообразцы гороха полевого (11 шт.) и гороха посевного (20 шт.). В качестве контролей высевались сорта *Зазерский усатый* и *Фазтон*. Площадь делянки – 10 м². Повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. Агротехника общепринятая для зоны.

Результаты исследований и их обсуждение. За годы исследований в конкурсном сортоиспытании нами проведена комплексная оценка более 100 образцов. Генетическое разнообразие созданного нами селекционного материала, а также тщательная оценка селекционных образцов гороха в конкурсном сортоиспытании в течение выполнения проекта (2016-2018 гг.) позволила выделить лучшие из них, обладающие рядом хозяйственно-полезных признаков, отвечающие параметрам, предусмотренным заданием.

По результатам конкурсного сортоиспытания семенная продуктивность за три года сформировалась на уровне 34,7-43,3 ц/га у гороха посевного (рисунок 1) и 34,1-40,3 ц/га гороха полевого (рисунок 2).

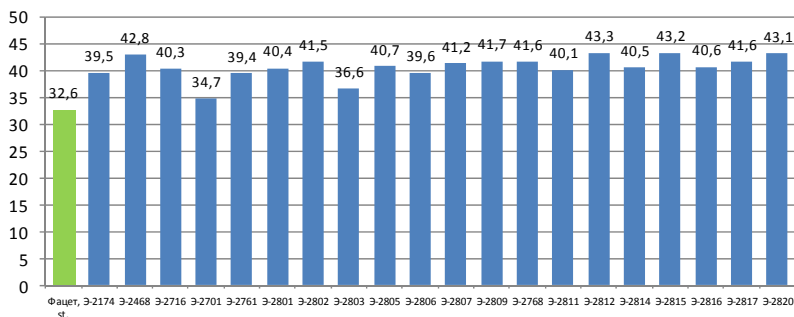


Рисунок 1 – Продуктивность сортообразцов гороха посевного в КСИ (среднее за 2016-2018 г.)

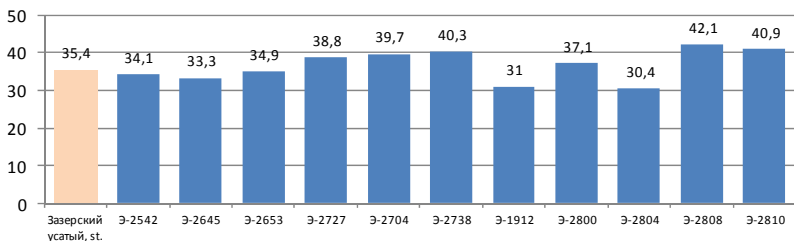


Рисунок 2 – Продуктивность сортообразцов гороха полевого в КСИ (среднее за 2016-2018 г.)

Продуктивность лучших сортообразцов гороха посевного оказалась на 2,1-10,6 ц/га выше стандартного сорта *Фацет* и на 1,7-4,3 ц/га гороха полевого стандарта *Зазерский усатый*.

Продолжительность вегетационного периода у сортообразцов в конкурсном сортоиспытании составила 83-97 суток.

По предварительным результатам за годы исследований (2016-2018 гг.) наибольшую ценность представили 6 сортообразцов гороха (Э-2174, Э-2727, Э-2468, Э-2738, Э-2815, Э-2820). Так, сортообразец Э-2174 – горох листочкового морфотипа, Э-2468 – усатого морфотипа, с белыми цветками и мелкими листочками, Э-2727 – горох полевой усатого морфотипа, среднеспелый, Э-2738 – горох полевой так же усатого морфотипа, имеющий признак неосыпаемости семян, Э-2815 – горох усатого морфотипа, высокопродуктивный, мелкосемянный и Э-2820 горох усатого морфотипа. На основании изучения

образцов в полевых и лабораторных условиях выделены сортообразцы Э-2738 и Э-2815, под названиями *Спринт* и *Виктор* переданы в Государственное сортоиспытание на 2019 г. Характеристика передаваемых сортообразцов предоставлена в таблицах 1-4.

Таблица 1 – Характеристика нового сорта гороха посевного для передачи в ГСИ (среднее за 2016-2018 гг.)

Сорт	Описание растений	Длина растения, см	Вегетационный период, дней	Высота прикрепления нижнего боба	Масса 1000 семян, г	Содержание белка в семенах, %
Фацет, ст.	Листочковый, белая окраска цветков	78-82	80-85	58,1	350-380	23,0
Э-2815 (Виктор)	Усатый, белая окраска цветков	80-85	83-90	59,4	210-230	23,5

Таблица 2 – Урожайность семян нового сорта гороха посевного для передачи в ГСИ (среднее за 2016-2018 гг.)

Сорт	Урожайность семян, ц/га			Среднее за 2016-2018 гг.
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	
Фацет, ст.	25,8	38,6	33,3	32,6
Э-2815 (Виктор)	32,7	44,9	52,1	43,2
± к стандарту	6,9	6,3	18,8	10,6

Таблица 3 – Характеристика нового сорта гороха полевого для передачи в ГСИ (среднее за 2016-2018 гг.)

Сорт	Описание растений	Длина растения, см	Вегетационный период, дней	Высота прикрепления нижнего боба	Масса 1000 семян, г	Содержание белка в семенах, %
Зазерский усатый, ст.	Усатый, фиолетовая окраска цветков	80-82	84-88	61,3	190-220	24,0
Э-2738 (Спринт)	Усатый, фиолетовая окраска цветков	82-85	88-92	60,1	195-235	24,0

Сорт гороха (Э-2815) (*Виктор*) – зернофуражного направления использования. Среднерослый, длина стебля 80-85 см. Устойчив к полеганию за счет усатого типа листа. Окраска цветка белая (рисунок 3). Среднеспелый, вегетационный период составляет 80-85 суток. Семена округло-овальной формы, не

Таблица 4 – Урожайность семян нового сорта гороха полевого для передачи в ГСИ (среднее за 2016-2018 гг.)

Сорт	Урожайность семян, ц/га			Среднее за 2016-2018 гг.
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	
Зазерский усатый, ст.	27,5	37,9	40,8	35,4
Э-2738 (Спринт)	30,7	45,2	45,0	40,3
± к стандарту	3,2	7,3	4,2	4,9

осыпающиеся. Масса 1000 семян 210-230 граммов, содержание сырого белка в семенах – 23,5%. Максимальная урожайность в конкурсном сортоиспытании получена в 2018 г. 52,1 ц/га, в среднем за три года составила 43,2 ц/га, что на 10,6 ц/га выше стандарта.

Сорт гороха (Э-2738) (*Спринт*) – зернофуражного направления использования. Среднерослый, длина стебля 82-85 см. Устойчив к полеганию за счет усатого типа листа. Окраска цветка фиолетовая. Среднеспелый, вегетационный период составляет 88-92 дня. Семена округло-овальной формы, неосыпающиеся (рисунок 4). Масса 1000 семян 195-235 г, содержание сырого белка в семенах – 24%. Максимальная урожайность в конкурсном сортоиспытании получена в 2017 г. и 2018 г. – 45,0-45,2 ц/га, в среднем за три года составила 40,3 ц/га, что на 4,9 ц/га выше стандарта.



Рисунок 3 – Растение гороха посевного сорта Виктор



Рисунок 4 – Семена гороха полевого сорта Спринт

Выводы

1. За годы исследований (2016-2018 гг.) наибольшую ценность по хозяйственно-биологическим признакам представляют 6 сортообразцов гороха (Э-2174, Э-2727, Э-2468, Э- 2738, Э-2815, Э-2820).

2. По результатам конкурсного сортоиспытания гороха выделены и переданы в Государственное сортоиспытание 2 сортообразца Э-2738 (горох полевой) и Э-2815 (горох посевной) под названиями *Спринт* и *Виктор*. Они зернофуражного направления использования, в среднем за 2016-2018 г.г урожайность зерна превысила стандарт на 4,9-10,6 ц/га и составила 45,0-52,1 ц/га, среднеспелые, вегетационный период составляет 80-95 дня.

Литература

1. *Задорин, А.Д.* Зернобобовые культуры – один из основных источников растительного белка // Селекция и технология возделывания зерновых бобовых и крупяных культур: сб. науч. тр. – Орел, 1994 – С. 11-20.
2. *Задорин, А.М.* Особенности организации селекционного процесса при выведении новых сортов гороха с ярусной гетерофиллией / А.М. Задорин, А.Н. Зеленое, Н.В. Парахин // Регуляция продуктивного процесса сельскохозяйственных растений: матер. Всерос. науч.-практ. конф., посв. памяти проф. Анатолия Петровича Лаханова, г. Орел, октябрь 2005. – Орел, 2006. – Ч. 2. – С. 120-124.
3. *Фадеева, А.Н.* Основные достижения и направления в селекции гороха / А.Н. Фадеева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 1. – С. 65-67.
4. *Брежнева, В.И.* Селекция гороха на Кубани / КНИИСХ. – Краснодар, 2006. – 202 с.
5. *Гвоздова, Л.И.* Результаты изучения коллекции гороха посевного в условиях Беларуси / Л.И. Гвоздова [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. 291-300.
6. *Шор, В.Ч.* Результаты испытания, проблемы и перспективы использования детерминантных сортов гороха самарской модели в селекции / Пашкевич П.А., Шор В.Ч. // Земляробства і ахова раслін. – 2014. – №2 (93). – С. 12-15.
7. *Шор, В.Ч.* Новый высокопродуктивный сорт гороха Фазтон / В.Ч. Шор [и др.] // Наше сельское хозяйство. – 2014. – №5. – С. 40-44.

RESULTS OF THE STUDY OF FIELD AND GARDEN PEA IN COMPETITIVE VARIETY TESTING

L.I. Gvozдова, M.N. Kritsky, V.Ch. Shor, M.V. Evseenko, T.S. Kraiko, T.V. Tikhomirova

The article states and analyzes the results of three-year-old research on pea varieties in competitive variety testing. It's established that the accessions E-2815 (Victor) and E-2738 submitted to the State Variety Testing are distinguished in terms of a complex of economic and biological characters.

УДК 633.853.494«324»:631.527

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ОЗИМОГО РАПСА

Н.Н. Бобко, научный сотрудник, Я.Э. Пилюк, кандидат с.-х. наук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 23.04.2019 г.)

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

***Аннотация.** На основании проведенных исследований оценки исходного материала озимого рапса различного эколого-географического происхождения определены источники хозяйственно-ценных признаков. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа проведена оценка влияния генотипа и условий вегетации на продуктивность растений и основные ее элементы. Выявлена корреляционная зависимость между ними, что позволяет целенаправленно проводить отбор в селекционном процессе.*

Введение. Основным сырьем для получения растительных масел, а также источником ценного кормового белка являются масличные культуры, поэтому в мировом сельском хозяйстве наблюдается наращивание производства семян

этих культур. В Республике Беларусь основной сельскохозяйственной культурой, возделываемой с целью производства растительного масла, является рапс.

Рапс – масличная культура, имеющая широкие возможности применения, как в пищевых, кормовых, так и в технических целях. Кроме того, в силу сложившихся агроклиматических условий в республике данная культура имеет наиболее высокую урожайность среди других масличных культур [1, 2].

В настоящее время особую значимость приобретает научная деятельность, связанная с изучением и использованием генетических ресурсов культурных растений в связи с необходимостью повышения качества жизни и благосостояния населения, обеспечения экологической и продовольственной безопасности страны, создания условий для развития биоиндустрии [3].

Н.И. Вавилов сформулировал принципы подбора, формирования и использования исходного материала в селекционном процессе, рассматривая его как источник будущих сортов [4]. Одной из важнейших задач современной селекции растений является создание сортов и гибридов с высокой урожайностью, которые способны на фоне изменяющихся климатических условий давать стабильную урожайность по годам. Создание новых сортов во многом зависит от разнообразия исходного материала. Для этого необходимо обогащение генофонда, его изучение и использование в селекционном процессе, всестороннее и углубленное изучение генетических основ высокой продуктивности [5].

Несмотря на широкое использование в настоящее время современных биотехнологических достижений, доминирующим методом создания исходного материала по-прежнему остается внутривидовая и межвидовая гибридизация с последующим отбором из гибридных популяций [6].

В селекции можно широко использовать анализ корреляционных взаимосвязей и регрессионных зависимостей между признаками. Числовые значения признаков, как и корреляции между ними, обусловлены особенностями селекционного материала, климатических и погодных условий, в которых проводятся опыты, воздействием предшественников и других факторов. У одних и тех же признаков иногда можно получить различные величины корреляции. В связи с этим очень актуально изучение корреляционных связей между разными признаками с целью выявления тех, по которым возможен отбор из гибридных популяций [7].

Наличие положительных корреляций позволяет с помощью отбора по одному признаку вывести на новый уровень и сопряженные величины других. Наличие негативных для исследователя корреляций можно решить с использованием других генетических факторов, которые способствуют тому, что связи ослабевают или разрываются [8].

Методика проведения исследований. Исследования проводили на 58 сортах и сортообразцах озимого рапса (2012-2014 гг.) в лаборатории селекции, первичного семеноводства и технологии возделывания крестоцветных культур (с 2015 г. отдел масличных культур) на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, подстилаемой моренной супесью с глубины 0,3-0,5 м с проведением сопутствующих

наблюдений, учетов и лабораторных анализов. Основные агрохимические свойства пахотного слоя почвы опытных участков: гумус (по Тюрину) – 2,09-2,49%, рН (КСИ) – 6,0-6,3, подвижные формы P_2O_5 и обменного K_2O (по Кирсанову) – соответственно 240-340 и 235-358 мг/кг почвы.

Обработка почвы, посев и уход за посевами осуществляли в соответствии с общепринятой для озимого рапса технологией возделывания [9, 10]. Предшественник – чистый пар. Объектом исследования был коллекционный материал озимого рапса, включавший сорта и сортообразцы различного эколого-географического происхождения, полученные из генбанка РБ, из ВИРА, в результате научно-технического сотрудничества с научно-исследовательскими учреждениями и фирмами. Изучение коллекционных образцов проводили согласно методике государственного испытания сельскохозяйственных культур [11], методике полевого опыта [12], методическим указаниям по изучению мировой коллекции масличных культур [13].

Коллекционные сортообразцы изучали в опытах на делянках площадью 5 м² в двукратной повторности. Способ посева сплошной рядовой, норма высева 0,6 млн. всхожих семян. Через каждые 10 сортообразцов высевали контрольные сорта.

Морфологический анализ растений проводили по методике оценки урожайности сортов озимого двулузевого рапса путем отбора пробных снопов перед началом уборки культуры [14]. Учет урожайности маслосемян производили методом сплошного обмолаота снопов и учетных делянок.

Полученные данные по результатам исследований обрабатывали с помощью программы MS Excel 2010 на персональном компьютере.

Метеорологические условия в период проведения исследований значительно изменялись по годам, что позволило более полноценно оценить исходный материал и выделить новые сортообразцы и источники хозяйственно-ценных признаков с высоким потенциалом урожайности маслосемян.

Результаты исследований и их обсуждение. Основной характеристикой селекционной и хозяйственной ценности сортов и гибридов является их урожайность (таблица 1), которая зависит от генетических особенностей и условий внешней среды.

Таблица 1 – Коллекционные образцы озимого рапса, выделенные по урожайности маслосемян (среднее за 2012-2014 гг.)

Сорт, сортообразец	Урожайность, г/м ²				+/- к St1		+/- к St2	
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+ к St, шт.	+ к St, %	+ к St, шт.	+ к St, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Лидер (St1)</i>	298,0	440,0	305,0	347,7				
<i>Sitro (St2)</i>	276,0	553,0	351,0	385,3	37,6	10,8	-	-
PR46W20	555,0	515,0	447,0	505,6	157,9	45,4	120,3	31,2
Exact	570,0	478,0	394,0	480,7	133,0	38,3	95,4	24,7

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rohan	436,0	596,0	379,0	470,3	122,6	35,3	85,0	22,1
CWH 135 D	355,0	550,0	479,0	461,3	113,6	32,7	76,0	19,7
NK Speed	450,0	571,0	358,0	459,7	112,0	32,2	74,4	19,3
NK Technic	451,0	571,0	358,0	460,0	112,3	32,3	74,7	19,4
Compass	457,0	560,0	364,0	460,3	112,3	32,3	74,7	19,4
Trabant	310,0	577,0	479,0	455,3	107,6	30,9	70,0	18,2
H 906656	561,0	396,0	406,0	454,3	106,6	30,7	69,0	17,9
Маяк	422,0	590,0	341,0	451,0	103,3	29,7	65,7	17,1
Ладога	384,0	514,0	416,0	438,0	90,3	26,0	52,7	13,7
КСЗ 6051	405,0	594,0	300,0	433,0	85,3	24,5	47,7	12,4
Triangel	361,0	534,0	401,0	432,0	84,3	24,2	46,7	12,1
Среднее по коллекции	342,6	464,1	367,8	391,5	43,8	12,6	6,2	1,6
Коэффициент вариации, %	24,7	16,4	16,3	-	-	-	-	-
НСР ₀₅	50,9	43,2	46,6					

Исследованиями установлено, что значительный вклад в изменчивость урожайности растений вносят условия вегетации (31,09%), генотипы (27,32%), а также взаимодействие этих факторов (33,59%). Максимальная урожайность за годы исследований отмечена у следующих сортообразцов: *PR46W20* (Франция) – 505,6 г/м²; *Exact* (Великобритания) – 480,7 г/м²; *Rohan* (Германия) – 470,3 г/м²; *CWH 135 D* (Италия) – 461,3 г/м²; *NK Speed* (Франция) – 459,7 г/м²; *NK Technic* (Швейцария) – 460,0 г/м²; *Compass* (Германия) – 460,3 г/м²; *Trabant* (Германия) – 455,3 г/м²; *H 906656* (Германия) – 454,3 г/м²; *Маяк* (Беларусь) – 451,0 г/м²; *Ладога* (Франция) – 438,0 г/м²; *КСЗ 6051* (Франция) – 433 г/м²; *Triangel* (Германия) – 432,0 г/м².

Элементы структуры урожая растений могут изменяться в зависимости от агротехнических, почвенно-климатических и других условий. В наших исследованиях выявлена корреляционная зависимость между урожайностью озимого рапса и следующими элементами структуры урожая: число стручков на растении, масса 1000 семян, число стручков на центральной кисти, число семян в стручке, а также числом ветвей первого порядка.

Число стручков на растении является высоко-, среднеизменчивым признаком ($V=14,7-27,8\%$). Следует отметить, что на данный признак кроме генотипа сорта влияют густота стояния растений, перезимовка, погодные условия и наличие элементов питания в период закладки и формирования репродуктивных органов растений. Наибольшее число стручков (269,5 шт./растение) насчитывалось в среднем по сортам и сортообразцам в 2013 г. В 2012 г. на растении насчитывалось 245,5, в 2014 г. 229,7 стручков. В среднем за 3 года изучения этот показатель составил 248,2 стручков на 1 растение. У 13 образцов коллекции общее количество стручков на растение было существенно больше, чем у контроля (таблица 2).

Таблица 2 – Коллекционные образцы озимого рапса, выделенные по признаку количество стручков на растении (среднее за 2012-2014 гг.)

Сорт, сортообразец	Количество стручков на растении, шт.				+/- к St1		+/- к St2	
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+ к St, шт.	+ к St, %	+ к St, шт.	+ к St, %
<i>Лидер (St)</i>	201,0	235,5	230,2	222,2				
<i>Sitro (St)</i>	188,4	296,0	211,4	231,9	9,7	4,4	-	-
Hammer	293,4	373,0	318,8	328,4	106,2	47,8	96,5	41,6
Triangel	333,6	389,4	225,3	316,1	93,9	42,3	84,2	36,3
H 906656	305,4	396,0	245,4	315,6	93,4	42,0	87,3	36,1
Маяк	260,8	375,2	294,4	310,1	87,9	39,6	78,2	33,7
Exact	313,7	359,3	232,7	301,9	79,7	35,9	70,0	30,2
Taurus	223,6	432,0	249,3	301,6	79,4	35,7	69,7	30,1
PR46W20	248,4	360,1	277,5	295,3	73,1	32,9	63,4	27,4
Alaska	341,2	329,7	215,0	295,3	73,1	32,9	63,4	27,3
CWH 135 D	334,6	249,0	299,6	294,4	72,2	32,5	62,5	27,0
Rohan	264,9	374,9	214,0	284,6	62,4	28,1	52,7	22,7
NK Petrol	287,3	341,0	210,1	279,5	57,3	25,8	47,6	20,5
CSZH 4022	205,3	365,1	265,8	278,7	56,5	25,4	46,8	20,2
Compass	223,2	353,8	243,4	273,5	51,3	23,1	41,6	17,9
NK Nemax	307,6	221,9	289,8	273,1	50,9	22,9	41,2	17,8
CSZH 5282	285,2	333,2	178,6	265,7	43,5	19,6	33,8	14,6
PR44D06	278,2	298,4	220,1	265,6	43,4	19,5	33,7	14,5
Елена	323,8	235,1	220,8	259,9	37,7	17,0	28,0	12,1
Среднее по коллек- ции	245,5	269,5	229,7	248,2	26,0	11,7	16,3	7,0
Коэффициент вариации, %	20,3	27,8	14,7	-	-	-	-	-
НСР ₀₅	36,9	25,0	29,3					

Выявлена положительная корреляционная связь средней степени ($r=0,47$) между урожайностью и числом стручков на растении (рисунок 1).

На изменчивость признака «число стручков на растении» существенное влияние в наших исследованиях оказала генотипическая изменчивость (25,80%) и взаимодействие условий года с генотипом (45,46%). Доля изменчивости признака «число стручков на растении», вызванная условиями вегетации, составила 6,13%. Максимальное проявление этого признака в среднем за годы проведения исследований отмечено у следующих сортообразцов: *Hammer* (Германия) – 328,4 шт.; *Triangel* (Германия) – 316,1 шт.; *H 906656* (Германия) – 315,6 шт.; *Маяк* (Беларусь) – 310,1 шт.; *Exact* (Великобритания) – 301,9 шт.; *Taurus* (Германия) – 301,6 шт.; *PR46W20* (Франция) – 295,3 шт.; *Alaska* (Германия) – 295,3шт.; *CWH 135 D* (Италия) – 294,4 шт.; *Rohan* (Германия) – 284,6 шт.; *NK Petrol* (Швейцария) – 279,5 шт.; *CSZH 4022* (Франция) – 278,7 шт.; *Compass*

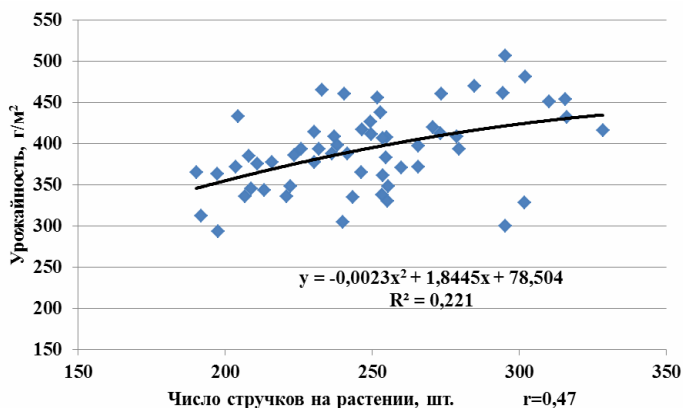


Рисунок 1 – Точечный график и теоретические линии регрессии между числом стручков на растении и урожайностью (среднее за 2012-2014 гг.)

(Германия) – 273,5 шт.; *NK NemaX* (Швейцария) – 273,1 шт.; *CSZH 5282* (Франция) – 265,7 шт.; *PR44D06* (Франция) – 265,6 шт.; *Елена* (Сербия) – 259,9 шт.

На признак «**крупность семян**» озимого рапса оказывали влияние складывающиеся метеоусловия в период формирования и созревания семян и густота стояния растений к уборке. В 2014 г. была отмечена наибольшая средняя масса 1000 семян по коллекции (6,58 г), что связано со сложившимися благоприятными условиями в период формирования, налива и созревания семян (таблица 3).

Таблица 3 – Коллекционные образцы озимого рапса, выделенные по крупности семян (среднее за 2012-2014 гг.)

Сорт, сортообразец	Масса 1000 семян, г				+/- к St1		+/- к St2	
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	+ к St, шт.	+ к St, %	+ к St, шт.	+ к St, %
<i>Лидер (St1)</i>	5,14	5,72	6,44	5,77	-	-	0,48	9,1
<i>Sitro (St2)</i>	4,70	5,24	5,94	5,29	-	-	-	-
H 906656	6,12	5,98	6,92	6,34	0,57	9,9	1,05	19,8
Ехаст	6,04	5,58	7,12	6,25	0,48	8,3	0,96	18,1
Шамплен	6,54	4,94	7,21	6,23	0,46	8,0	0,94	17,8
PR46W20	5,14	5,64	7,52	6,10	0,33	5,7	0,81	15,3
RNX 3504	5,50	6,34	6,44	6,09	0,32	5,5	0,80	15,1
Rohan	6,10	5,60	6,44	6,05	0,28	4,8	0,76	14,4
Среднее по коллекции	5,04	5,00	6,58	5,54	-0,23	-4,0	0,25	4,7
Коэффициент вариации, %	10,9	11,8	7,4	-	-	-	-	-
НСР ₀₅	0,09	0,1	0,1					

Выявлена положительная корреляционная связь средней степени ($r=0,58$) между массой 1000 семян и урожайностью (рисунок 2).

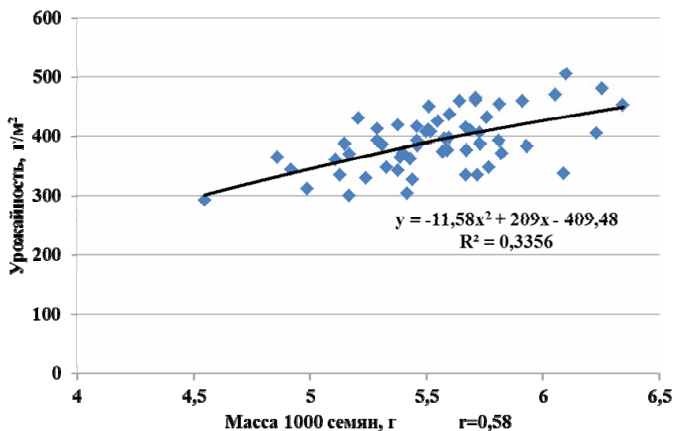


Рисунок 2 – Точечный график и теоретические линии регрессии между массой 1000 семян озимого рапса и урожайностью (среднее за 2012-2014 гг.)

На изменчивость признака «масса 1000 семян» существенное влияние оказали условия года (65,86%), взаимодействие этих двух факторов составило 20,22%. Несколько ниже оказалась доля генотипической изменчивости – 13,77%. По крупности семян выделились следующие сортообразцы: *H 906656* (Германия) – 6,34 г; *Exact* (Великобритания) – 6,25 г; *Шамплен* (Франция) – 6,23 г; *PR46W20* (Франция) – 6,10 г; *RNX 3504* – 6,09 г; *Rohan* (Германия) – 6,05 г.

Признак «число стручков на центральной кисти» характеризовался изменчивостью средней степени ($V=15,3-20,1$). Наибольшее количество стручков на центральной кисти исследуемых образцов завязалось в 2014 г. – 46,0, наименьшее в 2013 г. – 39,2 шт. Лучшие сорта и сортообразцы по признаку количество стручков на центральной кисти представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Коллекционные образцы озимого рапса, выделенные по признаку количество стручков на центральной кисти (среднее за 2012-2014 гг.)

Сорт, сортообразец	Число стручков на центральной кисти, шт.				+/- к St1		+/- к St2	
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+ к St, шт.	+ к St, %	+ к St, шт.	+ к St, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Лудер (St1)</i>	45,2	38,2	51,2	44,9	-	-	-	-
<i>Sitro (St2)</i>	41,7	48,6	39,7	43,3	1,6	3,7	-	-
PR46W20	51,0	46,6	56,0	51,2	6,3	14,0	7,9	18,2
Айчынны	52,3	50,9	49,2	50,8	5,9	13,1	7,5	17,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шпак	55,3	39,4	57,4	50,7	5,8	12,9	7,4	17,1
Мартын	45,4	53,0	52,7	50,4	5,5	12,2	7,1	16,4
H906656	52,9	46,4	51,1	50,1	5,2	11,6	6,8	15,7
Витязь	50,3	41,9	57,0	49,7	4,8	10,7	6,4	14,8
D 136.05	45,4	55,3	45,8	48,8	3,9	8,7	5,5	12,7
Среднее по коллекции	41,0	39,2	46,0	42,0	-2,9	-6,5	-1,3	-3,1
Коэффициент вариации, %	20,1	17,6	15,3	-	-	-	-	-
НСР ₀₅	5,1	3,6	5,1					

Между урожайностью и числом стручков на центральной кисти выявлена положительная связь средней степени $r=0,2955$ (рисунок 3).

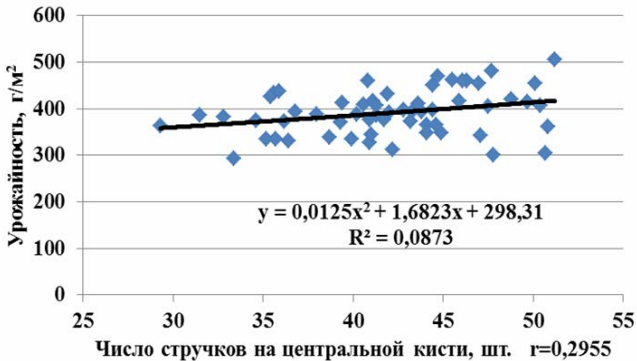


Рисунок 3 – Точечный график и теоретические линии регрессии между числом стручков на центральной кисти и урожайностью (среднее за 2012-2014 гг.)

На изменчивость данного признака значительное влияние оказывает генотип (32,21%), а также взаимодействие генотипа и условий вегетации (30,24%), влияние года на данный признак оказалось минимальным (9,86%).

Максимальное проявление признака «число стручков на центральной кисти» выявлено у следующих сортообразцов: *PR46W20* (Франция) – 51,2 шт.; *Ай-чынны* (Беларусь) – 50,8 шт.; *Шпак* – 50,7 шт.; *Мартын* (Беларусь) – 50,4 шт.; *H 906656* (Германия) – 50,1 шт.; *Витязь* (Беларусь) – 49,7 шт.; *D 136.05* – 48,8 шт.

Ветвление первого порядка. В среднем за период исследований на растении формировалось 8,1 шт. ветвей, варьирование по сортам составило от 6,3 до 10 шт. Данный признак характеризуется средним уровнем изменчивости ($V=13,4-20,9\%$).

Наибольшее количество боковых ветвей в среднем по коллекции было в 2012 г. и 2013 г. (9,1-9,2 шт. ветвей на растение), что связано, по-видимому, в

первую очередь, с хорошим развитием растений в осенний период. В 2014 г. в среднем по коллекции на одном растении насчитывалось 6,0 шт./растение ветвей первого порядка.

Образцы, которые ежегодно превосходили стандартный сорт по количеству боковых ветвей первого порядка на одном растении в среднем за 3 года, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Коллекционные образцы озимого рапса, выделенные по признаку ветвления первого порядка (среднее за 2012-2014 гг.)

Сорт, сортобразец	Количество боковых ветвей 1-го порядка, шт.				+/- к St1		+/- к St2	
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+ к St, шт.	+ к St, %	+ к St, шт.	+ к St, %
<i>Лидер (St1)</i>	10,1	8,2	6,2	8,2	-	-	-	-
<i>Sitro (St2)</i>	10,7	9,0	5,9	8,5	0,3	3,5	-	-
Шамплен	8,6	9,1	12,9	10,0	1,8	21,9	1,5	17,6
Exact	11,2	11,8	6,7	9,9	1,7	20,7	1,4	16,5
Ладога	12,0	9,4	7,8	9,7	1,5	18,3	1,2	14,1
Colifornium	11,9	10,2	7,0	9,7	1,5	18,3	1,2	14,1
ES Меркур	10,6	11,6	6,7	9,6	1,4	17,1	1,1	12,9
Triangel	10,6	11,4	6,4	9,5	1,3	15,9	1,0	11,8
Hammer	10,0	11,2	6,7	9,3	1,1	13,4	0,8	9,4
Среднее по коллек- ции	9,2	9,1	6,0	8,1	-0,1	-1,2	-0,4	-4,7
Коэффициент вариации, %	15,7	13,4	20,9	-	-	-	-	-
НСР ₀₅	1,2	1,0	1,2					

Наибольший вклад в изменчивость вышеназванного признака вносят условия вегетации (годы) – 40,47%, доля генотипа составляет 15,85%, а взаимодействие двух этих факторов – 16,31%.

Корреляция между урожайностью и числом ветвей первого порядка была близкой к средней $r=0,25$ (рисунок 4).

Выделившиеся сортобразцы по признаку «число ветвей первого порядка»: *Шамплен* (Франция) – 10,0 шт.; *Exact* (Великобритания) – 9,9 шт.; *Californium* (Франция) – 9,7 шт.; *Ладога* (Франция) – 9,7шт.; *ES Mercure* (Франция) – 9,6 шт.; *Triangel* (Германия) – 9,5 шт.; *Hammer* (Германия) – 9,3 шт.

Число семян в стручке относится к среднеизменчивым признакам ($V=12,5-17,1\%$). В наших исследованиях наибольшее количество семян в стручке было в 2013 г. – 27,2 штук. Это связано с благоприятными погодными условиями в межфазный период бутонизация – цветение – начало созревания. Несколько меньше семян в стручке завязалось в 2012 г. – 27,0 шт., а еще меньше в 2012 г. – 23,8 шт./стручок (таблица 6).

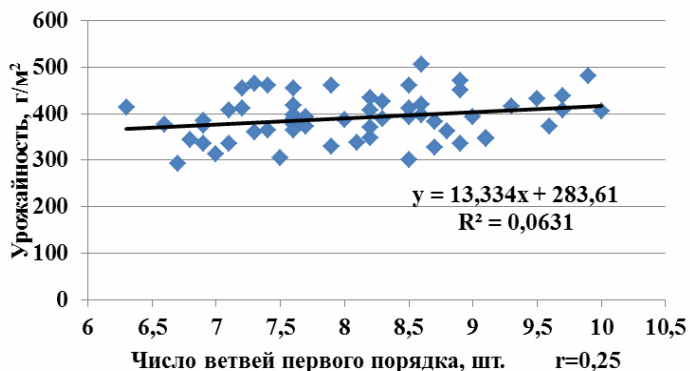


Рисунок 4 – Точечный график и теоретические линии регрессии между числом ветвей первого порядка и урожайностью (среднее за 2012-2014 гг.)

Таблица 6 – Образцы озимого рапса, выделенные по признаку число семян в стручке (среднее за 2012-2014 гг.)

Сорт, сортообразец	Число семян в стручке, шт.				+/- к St1		+/- к St2	
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	+ к St, шт.	+ к St, %	+ к St, шт.	+ к St, %
<i>Лидер (St1)</i>	26,7	25,4	27,8	26,6	-	-	-	-
<i>Sitro (St2)</i>	26,2	32,6	30,0	29,6	3,0	11,3	-	-
CSZH 4022	31,0	30,4	33,0	31,5	4,9	18,4	1,9	6,4
Среднее по коллекции	27,0	27,2	23,8	26,0	-0,6	-2,3	-3,6	-12,2
Коэффициент вариации, %	12,5	13,2	17,1	-	-	-	-	-
НСР ₀₅	2,7	2,6	2,3					

В изменчивость данного признака наибольший вклад вносит генотип (33,85%) и взаимодействие условий года с генотипом (24,06%), условия вегетации оказали значительно меньшее влияние на проявление этого признака (10,14%).

Корреляционная связь между числом семян в стручке на центральной кисти и урожайностью была слабой $r=0,12$ (рисунок 5).

Максимальное проявление данного признака было у одного сортообразца коллекции – *CSZH 4022* (Франция) – 31,5 шт.

Заключение

Проведенный анализ степени влияния различных элементов структуры и среды на урожайность коллекционных образцов озимого рапса позволит повысить результативность нового исходного материала в процессе селекции культуры.

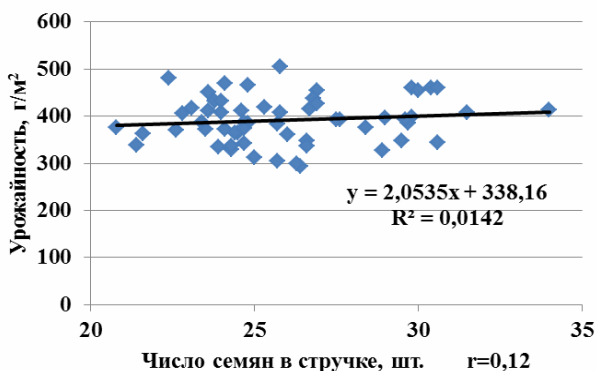


Рисунок 5 – Точечный график и теоретические линии регрессии между числом стручков на центральной кисти и урожайностью (среднее за 2012-2014 гг.)

Установлено, что значительный вклад в изменчивость урожайности растений вносят условия вегетации (31,09%), генотип (27,32%), а также взаимодействие этих двух факторов (33,59%).

Выявлено, что урожайность маслосемян изучаемых сортообразцов озимого рапса достоверно коррелирует с массой тысячи семян ($r=0,58$), числом стручков на растении ($r=0,47$) и числом стручков на центральной кисти ($r=0,30$).

Установлено, что на признак «число стручков на центральной кисти» наибольшее влияние оказал генотип (32,21%), что указывает на перспективность отбора по данному признаку в селекции высокоурожайных сортов. По признаку «число стручков на растении» влияние взаимодействия года с генотипом (45,46%) превысило влияние генотипа (25,80%), поэтому отбор по данному признаку на повышение урожайности наиболее эффективен в благоприятные годы, а в неблагоприятные – на повышение ее стабильности.

Показано, что на изменчивость признака «масса 1000 семян» наибольшее влияние за период исследований оказали условия года (65,86%).

Выделены источники хозяйственно-ценных признаков: **по урожайности** – *Маяк* (Беларусь); *Ладога* (Франция); **по числу стручков на растении** – *Hammer* (Германия); *Triangel* (Германия); *H 906656* (Германия); *Маяк* (Беларусь); *Exact* (Великобритания); *Taurus* (Германия); *PR46W20* (Франция); *Alaska* (Германия); *CWH 135 D* (Италия); *Rohan* (Германия); *NK Petrol* (Швейцария); *CSZH 4022* (Франция); *Compass* (Германия); *NK Nemaх* (Швейцария); *CSZH 5282* (Франция); *PR44D06* (Франция); *Елена* (Сербия); **по числу стручков на центральной кисти** – *PR46W20* (Франция); *Айчынные*; *Шпак*, *Мартын* (Беларусь); *H 906656* (Германия); *Витязь* (Беларусь); *D 136.05*. Использование вышеуказанных сортообразцов будет способствовать эффективности селекционного процесса по созданию сортов и гибридов озимого рапса с высоким потенциалом урожайности.

Литература

1. *Пилюк, Я.Э.* Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пилюк. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
2. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / Под общ. ред. М. А. Кадьрова // Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 304 с.
3. *Багиров, В.А.* ВИР : Бюро по прикладной ботанике – Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова / В.А. Багиров, Е.В. Журавлева // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 7. – С. 5–6.
4. *Вавилов, Н.И.* Селекция как наука / Н.И. Вавилов // Теоретические основы селекции. – М. : Наука, 1987. – С. 7–59.
5. Доноры в селекции гороха усатого морфотипа на высокую семенную продуктивность / А.В. Обухова [и др.] // Омский научный вестник. – 2012. – № 2. – С. 164–167.
6. *Бочкарева, Э.Б.* Генетические ресурсы ярового рапса во ВНИИМК / Э.Б. Бочкарева, С.Л. Горлов, В.В. Сердюк // Рапс – культура XXI века : аспекты использования на продовольственные, кормовые и энергетические цели / Всерос. науч.-исслед. и проект.-технол. ин-т рапса. – Липецк, 2005. – С. 23-27.
7. *Kucerova, J.* Some correlations between parameters of winter wheat technological quality / J. Kucerova // Acta Univ. Agr. Silvicult. Mendeliana – Brunensis. – 2006. – Vol. 54. – № 1. – S. 23–29.
8. Что такое модель сорта : монография / С.Ф. Коваль [и др.]. – Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 280 с.
9. *Пилюк, Я.Э.* Особенности возделывания озимого рапса на маслосемена / Я.Э. Пилюк, В.А. Радовня, В.В. Зеленьяк // Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / РУП «Науч.-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 388-400.
10. *Пилюк, Я.Э.* Возделывание озимого рапса / Я.Э. Пилюк [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур : сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграрной экономики НАН Беларуси. – Минск, 2005. – С. 245-256.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур : [в 7 вып.] / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве сел. хоз-ва СССР. – Вып. 2 : Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / [подгот. : М. Г. Пруцкова и др.]. – Перераб. изд. – М., 1985. – 285 с.
12. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
13. Методические указания по изучению мировой коллекции масличных культур / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н.И. Вавилова. Подсолнечник / [Сост. канд. биол. наук А.В. Анащенко]. – 1976. – 39 с.
14. Методика оценки урожайности сортов озимого двулузгового рапса / ИНАР. – Познань, 1991. – 21 с.

VARIANCE AND CORRELATION ANALYSIS OF PRODUCTIVITY ELEMENTS AND SOURCES OF ECONOMICALLY VALUABLE CHARACTERS FOR BREEDING OF WINTER RAPE VARIETIES AND HYBRIDS

N.N. Bobko, Ya.E. Pilyuk

The sources of economically valuable characters have been identified on the basis of the conducted research on the evaluation of winter rape initial material of different ecological and geographical origin. The assessment of the genotype and vegetation conditions influence on plant performance and its basic elements have been carried in accordance with the results of the two way

analysis of variance. Correlation dependence between them have been identified what enables to make a selection in breeding.

УДК 633.853.494«321»:631.526.32

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ СОРТОВ РАПСА ЯРОВОГО

**Я.Э. Пилюк, И.М. Наумович, кандидаты с.-х. наук, О.А. Пикун,
А.В. Бакановская, Т.В. Семенова, А.Н. Павловская**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 22.04.2019)*

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

***Аннотация.** В статье представлены результаты трехлетних исследований по изучению новых сортов и сортообразцов ярового рапса в экологическом сортоиспытании. Показатели ПУСС и ИС были наиболее высокими у сортов Феникс (186,8 и 5,1) и Титан-17 (175,4 и 5,2). Новые генотипы оценены по комплексу хозяйственно-ценных признаков, включая качественные показатели маслосемян. Выявлена положительная корреляционная связь средней степени между продуктивностью и массой 1000 семян ($r = 0,52$).*

Среди масличных культур климатические условия нашей страны наиболее подходят для выращивания рапса. Решение задачи обеспечения перерабатывающей промышленности сырьем, населения – пищевым растительным маслом, а животноводства – кормовым белком стало возможным благодаря созданию и внедрению в производство отечественных высокоурожайных сортов рапса [1]. В семенах ярового рапса содержится 40-50% масла и 20-28% кормового белка [2]. Наиболее эффективно использование рапсового масла для производства маргаринового и майонезной продукции. Применение в пищевой отрасли промышленности масла обусловлено оптимальным составом в нем жирных кислот, сбалансированностью белков по аминокислотному составу, а также устойчивостью к окислительным процессам. В настоящее время рапс яровой в структуре посевных площадей масличных культур занимает 10-15%, а в годы с неблагоприятной перезимовкой рапса озимого – до 40%, являясь основной страховой культурой масложировой отрасли Беларуси [3]. Для увеличения производства пищевого растительного масла и высокоэнергетических добавок для животноводства необходимо как расширение посевных площадей масличных культур, так и повышение их продуктивности за счет внедрения новых высокопродуктивных сортов и соблюдении технологии их возделывания. В связи с этим селекционная работа должна быть направлена на создание перспективного селекционного материала с высоким потенциалом продуктивности и качеством маслосемян, устойчивого к абиотическим и биотическим факторам среды. Создание новых сортов в основном зависит от разнообразия исходного материала, его успех во многом определяется правильным подбором родительских форм для скрещивания [4]. Для селекции рапса используются такие методы, как гибридизация, беккроссы, рекуррентный отбор, инбридинг, получение дигиплоидов методом культуры пыльников и микроспор и др. Межвидовая гибридизация в сочетании с отбором является одним из эффективных и распространенных

методов создания исходного материала на семенную продуктивность и качество масла.

Цель наших исследований – изучение и оценка перспективного селекционного материала в экологическом сортоиспытании на продуктивность, качество и других хозяйственно-ценных признаков.

Методика проведения исследований. Исследования проводили в 2016-2018 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,5-0,7 м мореной. Мощность пахотного горизонта 20-22 см. Содержание гумуса – 2,03-2,34%, P_2O_5 – 225-234 мг, K_2O – 182-205 мг/кг почвы, pH – 6,02-6,14. Площадь делянки 10 м², через каждые десять сортов и сортообразцов высевали сорт-контроль *Тоназ*. Материалом для изучения служили перспективные сортообразцы и сорта ярового рапса. Способ посева – сплошной рядовой с шириной междурядий 12,5 см. Повторность шестикратная. Предшественник – просо.

Осенью под вспашку по соломе предшественника вносили аммонизированный суперфосфат и хлористый калий общим фоном в дозе $P_{80}K_{120}$, азотные удобрения из расчета N_{130} – в предпосевную культивацию в виде мочевины, N_{50} – в подкормку в период стеблевания до начала бутонизации. Обработка почвы – общепринятая для данной зоны [5]. Уход за посевами соответствовал требованиям отраслевого регламента возделывания ярового рапса.

Урожайность семян определяли методом сплошного обмолота малогабаритным комбайном Хеге. Убранные семена взвешивали с каждой делянки и пересчитывали на 100% чистоту и 10% влажность.

Жирнокислотный состав маслосемян определяли методом газожидкостной хроматографии, содержание глюкозинолатов, белка и масличность – на инфракрасном анализаторе NIRS 5000. Математическую обработку данных по урожайности проводили по методике дисперсионного анализа Б.А. Доспехова [6], используя компьютерную программу Excel. Индекс стабильности (ИС), показатель уровня и стабильности урожайности (ПУСС) – по Э.Д. Неттевичу (1985). При расчете показателей ИС и ПУСС в качестве контроля принят сорт рапса ярового *Тоназ*.

Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднесуточных показателей как по температурному режиму, так и по сумме атмосферных осадков. Апрель – первые две декады мая 2016 г. характеризовались перепадами температур на фоне недостатка атмосферной влаги в сравнении со среднесуточной нормой. Среднесуточная температура воздуха в первой декаде июня была незначительно ниже, а во второй и третьей на 0,8-5,1 °С выше среднесуточных значений, осадков в данный период выпало 47-108% от нормы. Выпавшие осадки в конце мая и начале июня способствовали нормальному развитию рапса ярового. В июле температура воздуха была выше нормы на 0,2-3,1 °С, а осадков выпало 108-245% от нормы.

Метеорологические условия 2017 г. в целом складывались благоприятно для роста и развития крестоцветных культур. В большинстве месяцев вегетационного периода температура воздуха превышала климатическую норму.

В апреле – мае 2018 г. наблюдалось превышение среднемноголетних показателей по температуре при значительном недостатке влаги, июнь и август были на уровне среднемноголетней нормы по температуре и сумме атмосферных осадков. Во второй и третьей декадах июля отмечалось превышение температуры над ее климатической нормой при избыточном увлажнении. Погодные условия не оказали отрицательного влияния на формирование урожая культуры.

Результаты и их обсуждение. Селекция крестоцветных культур ведется как на продуктивность, повышение масличности и содержание белка, снижение глюкозинолатов в маслосеменах рапса, так и на комплекс хозяйственно-ценных признаков с учетом направления использования. Основным методом для создания сортов является внутривидовая гибридизация с дальнейшим индивидуально-семейным отбором.

В результате проведения экологического сортоиспытания сорта рапса ярового были оценены по комплексу хозяйственно-ценных признаков, в том числе урожайности и показателям качества маслосемян.

Лучшие выделившиеся по урожайности и массе 1000 семян сорта рапса ярового приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность и масса 1000 семян сортов ярового рапса в экологическом сортоиспытании

Сорт	Урожайность, ц/га					Масса 1000 семян, г			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	± к st	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее
Топаз - контроль	36,3	47,5	40,6	41,5		5,08	4,44	4,20	4,57
Яровит	37,8	50,7	40,7	43,1	+1,6	4,88	4,51	4,24	4,54
Феникс	43,5	50,3	43,1	45,6	+4,1	5,04	4,5	4,68	4,74
Титан 17	39,5	45,9	40,6	42,0	+0,5	4,60	4,28	4,00	4,29
Амур	38,6	47,1	40,3	42,0	+0,5	4,80	4,52	4,36	4,56
Вихрь	41,0	53,9	40,7	45,2	+3,7	4,88	4,36	4,60	4,61
Верас	39,1	48,6	41,0	42,9	+1,4	5,25	4,44	4,44	4,71
НСР ₀₅	1,93	2,28	1,96			0,31	0,27	0,26	

В годы исследований урожайность маслосемян сортов ярового рапса достигала 42,0-45,6 ц/га. Наиболее высоким этот показатель был у сортов *Вихрь* (45,2 ц/га) и *Феникс* (45,6 ц/га). Данные сорта превысили сорт-стандарт *Топаз*, соответственно, на 3,7 и 4,1 ц/га или 8,9 и 9,9%.

В 2016 г. при недостатке влаги в воздухе и в почве на фоне высоких среднесуточных температур в период налива и созревания семян (июль – 1 декада августа) посеvy рапса ярового не смогли в полной мере реализовать потенциал своей продуктивности. Урожайность маслосемян у изучаемых сортов при этом составила 36,3 ц/га у сорта-стандарта, а более высокой была у сортов *Вихрь* (41,0 ц/га) и *Феникс* (43,5 ц/га), которые превысили сорт *Топаз* на 4,7-7,2 ц/га или 12,9-19,8%.

Умеренные температуры воздуха и равномерное распределение осадков 2017-2018 гг. в течение июля – августа (в период налива и созревания семян)

способствовали получению максимальной урожайности культуры. Следует отметить, что максимальная урожайность маслосемян была у сортов *Вихрь* (53,9 ц/га), *Яровит* (50,7 ц/га) и *Феникс* (50,3 ц/га) в наиболее благоприятном для роста и развития рапса ярового 2017 г.

Комплексный показатель адаптивности сортов ПУСС позволяет одновременно учитывать их уровень урожайности, стабильность и пластичность, (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры экологической стабильности районированных и перспективных сортов рапса ярового

Сорт	Средняя урожайность, ц/га	Коэффициент вариации, % (V)	Индекс стабильности (ИС)	ПУСС
Топаз - контроль	41,5	13,6	3,0	100,0
Яровит	43,1	15,7	2,7	93,5
Феникс	45,6	8,9	5,1	186,8
Титан 17	42,0	8,1	5,2	175,4
Амур	42,0	10,7	3,9	131,6
Вихрь	45,2	16,7	2,7	98,0
Верас	42,9	11,7	3,7	127,5

По данным наших исследований, этот показатель у сортов рапса ярового изменялся от 93,5 до 186,8. Среди сортов рапса ярового показатель ПУСС и ИС наиболее высоким был у сортов *Феникс* (186,8 и 5,1) и *Титан-17* (175,4 и 5,2). По этим показателям превзошли сорт-стандарт сорта *Амур* (131,6 и 3,9) и *Верас* (127,5 и 3,7). Сорт *Феникс* сочетает в себе высокую урожайность, с высокими показателями пластичности (V), стабильности (ИС) и гомеостатичности (ПУСС). Сорта *Титан 17*, *Амур* и *Верас* при среднем уровне урожайности отличаются высокими показателями стабильности (ИС), пластичности (V) и гомеостатичности (ПУСС).

Одним из основных элементов структуры урожая является масса 1000 семян. Достаточное количество осадков в период налива за годы исследований позволило сформировать растениям крупные семена рапса ярового. Анализ полученных данных показал, что самая высокая масса 1000 семян отмечалась у сортов *Верас* (4,71 г) и *Феникс* (4,74 г). В условиях засушливого 2018 г. эти сортообразцы были крупнее сорта-контроля Топаз на 9,5 и 11,4%. Самый низкий показатель массы 1000 семян был у сорта *Титан 17* (4,29 г). Выявлена положительная корреляционная связь средней степени между продуктивностью и массой 1000 семян $r = 0,52$ (рисунок 1).

Селекция рапса на качество – одно из важнейших направлений селекционной работы. Возросшая популярность этой культуры обусловлена, в первую очередь, достижениями селекции по созданию качественных сортов. Основные показатели качества маслосемян рапса – масличность, жирнокислотный состав масла, содержание белка и глюкозинолатов. Согласно СТБ 1398-2003 содержание жира в маслосеменах рапса должно составлять не менее 40%.

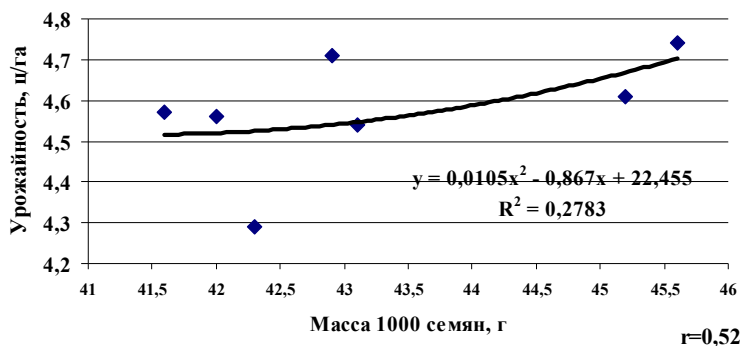


Рисунок 1 – Связь урожайности маслосемян рапса ярового с массой 1000 семян

В годы исследований благоприятные погодные условия с умеренной температурой и достаточным количеством осадков в фазу начало-середина налива семян (1-2 декада июля) оказали положительное влияние на накопление жира и белка в маслосеменах рапса ярового.

По содержанию масла в среднем за 3 года выделились сорта *Вихрь* (44,6%), *Феникс* (44,5%), *Верас* (44,2%) и превзошли сорт-стандарт на 2,5-2,1% (таблица 3). Содержание жира и белка находилось в обратно пропорциональной связи, что соответствует литературным данным [7,8].

Безэруковые сорта рапса относятся к группе лучших пищевых, так как на 75-85% состоят из полезных олеиновой и линолевой кислот. Поэтому одним из основных направлений селекции на жирнокислотный состав – повышение содержания олеиновой и линолевой кислот. По своей ценности рапсовое масло занимает первое место в мире среди растительных масел.

Таблица 3 – Показатели качества маслосемян сортов ярового рапса в экологическом сортоиспытании, %

Сорт	Содержание жира				Содержание белка			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее
Топаз - контроль	40,3	42,9	43,2	42,1	24,4	25,6	24,3	24,8
Яровит	42,6	42,3	43,7	42,9	25,2	24,9	24,1	24,7
Феникс	43,9	43,4	46,2	44,5	24,9	22,8	23,8	23,8
Титан 17	44,5	42,4	43,8	43,6	25,4	24,1	23,9	24,5
Амур	43,0	41,6	43,3	42,6	24,1	24,9	24,1	24,4
Вихрь	44,9	44,7	44,2	44,6	24,0	22,5	23,4	23,3
Верас	43,0	44,1	45,6	44,2	24,0	23,2	22,1	23,1

Наши лучшие сорта отличались высоким содержанием олеиновой кислоты, у сорта *Вихрь* она составила 64,79%, у сорта *Феникс* – 64,78%, тогда как у стандарта – 62,79% (таблица 4).

Таблица 4 – Жирнокислотный состав семян ярового рапса в экологическом сортоиспытании (среднее за 2016-2018 гг.)

Сорт	Кислота, %							
	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линоленовая	Арахидоновая	Эйкозеновая	Эруковая
Топаз - контроль	4,31	1,72	62,79	20,02	8,86	0,43	0,89	-
Яровит	4,41	1,75	63,59	18,68	8,96	0,45	0,99	-
Феникс	4,30	1,87	64,78	18,75	8,53	0,43	1,05	-
Титан 17	4,40	1,72	63,32	18,71	9,23	0,44	1,01	-
Амур	4,39	1,70	64,14	19,55	8,55	0,44	0,94	-
Вихрь	4,27	1,68	64,79	18,68	8,77	0,45	1,13	-
Верас	4,36	1,83	63,69	19,02	8,66	0,43	1,29	-

Выводы

1. В годы исследований урожайность маслосемян сортов рапса ярового достигала 42,0-45,6 ц/га. Наибольшим этот показатель был у сортов *Вихрь* (45,2 ц/га) и *Феникс* (45,6 ц/га), при самой высокой массе 1000 семян 4,71 и 4,74 г соответственно. Выявлена положительная корреляционная связь средней степени между продуктивностью и массой 1000 семян $r = 0,52$.

2. Сорт *Феникс* в комплексе с продуктивностью обладает высокими показателями пластичности (8,9), стабильности (5,1) и гомеостатичности (186,8). Сорта *Титан 17*, *Амур* и *Верас* при среднем уровне урожайности также отличаются высоким уровнем этих показателей.

3. По содержанию масла в среднем за 3 года выделились сорта *Вихрь* (44,6%), *Феникс* (44,5%) и *Верас* (44,2%), превысив сорт-контроль на 2,5-2,1%. Сорта рапса ярового отличались высоким содержанием олеиновой кислоты, у сорта *Вихрь* она составила 64,79%, у сорта *Феникс* – 64,78%, у контроля – 62,79%.

Литература

1. Пиллюк, Я.Э. Рапс в Беларуси : (биология, селекция и технология возделывания) / Я. Э. Пиллюк – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
2. Привалов, Ф.И. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь / Ф. И. Привалов, Я. Э. Пиллюк // Рапс: настоящее и будущее : к 30-летию возделывания рапса в 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.
3. Технологические основы возделывания ярового рапса в Республике Беларусь / Я.Э. Пиллюк [и др.] // Земледелие и защита растений. Масличные культуры: сорта и совершенствование технологии возделывания. – 2018. – Приложение к журналу № 1. – С. 33-37.

4. Пилюк, Я.Э. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь / Я.Э. Пилюк, О.А. Пикун, А.В. Бакановская // 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. 36-40.

5. 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.

6. 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.

7. Гущина, В.А. Биохимические показатели качества маслосемян ярового рапса / В.А. Гущина, А. С Лыкова // Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК / сб. науч. тр./ Уфа, 2009; Ч.2 – С. 122 – 125.

8. 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.

THE RESULTS OF SPRING RAPE VARIETY STUDIES IN THE ENVIRONMENTAL VARIETY TESTING

Y.E. Pilyuk, I.M. Naumovich, O.A. Pikun, A. V. Bakanovskaya, T.V. Semenova, A.N. Pavlovskaya

The paper presents the results of three year old research on new spring rape varieties in the environmental testing. The varieties Fenix and Titan-17 have the highest indicators of yield stability (186,8 – for Fenix and 175,4 – for Titan) and the highest stability index (5,1 – for Fenix and 5,2 – for Titan). New genotypes have been evaluated in respect of a complex of valuable characters, including quantitative indicators of oil seeds. A positive middle correlation between the productivity and weight of 1000 seeds ($r = 0,52$) has been identified.

УДК 631.52:633.18

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ РИСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ К ПОЛЕГАНИЮ ГИБРИДОВ

Р.А. Вожегова, доктор с.-х. наук, А.В. Мельниченко, аспирант,

научный сотрудник отдела селекции

Института риса НААН Украины

(Поступила 26.02.2019)

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

***Аннотация.** Проведенные исследования показали, что устойчивость риса к полеганию в большей степени связана с длиной второго междоузлия, поэтому отбор растений по признаку «высота растения» с целью повышения устойчивости к полеганию является эффективным. Исследована специфичность генетического контроля признака устойчивости к полеганию гибридного материала риса посевного. Установлено наличие доминантных факторов устойчивости к полеганию в сортах Дебют, Антей, УИР 3472, их фиксация в потомстве и выявление положительных трансгрессий в гибридах.*

Исследованиями ученых выявлена зависимость между полеганием и некоторыми морфологическими составляющими растения. По их мнению, устойчивость к полеганию определяется, прежде всего, высотой растения, толщиной и прочностью соломины, диаметром междоузлий. Изучение морфологических признаков стебля коллекции риса подтвердили, что устойчивые к полеганию сорта имеют меньшую высоту растений, меньший показатель отношения высоты к диаметру второго нижнего междоузлия. Поэтому отбор исходного материала по физиологическим признакам устойчивости – основной способ повышения адаптации растений к действию неблагоприятных факторов, который позволяет не только выявить реакцию растительного организма, но и выяснить закономерность формирования адаптивного потенциала биотипов.

Продуктивность растения – сложный показатель и формируется в течение онтогенеза. Развитие растений проходит при определенных погодноклиматических условиях, влияющих на ростовые процессы растения. Стебель выполняет не только опорные функции, но является органом, который служит для транспортировки метаболитов по растению. Ведь благодаря ему формируется фотосинтетический потенциал, который влияет на количество и качество урожая.

Задачи и методика исследований. Исследования проводили на опытном поле Института риса НААН Украины. Технология выращивания – общепринятая для условий юга Украины.

Материалом для исследований выступал коллекционный материал 86 сортообразцов риса посевного. Закладка и проведение опытов, отбор растительных образцов, подготовка их к анализу проведены согласно методическим указаниям, ДСТУ. Наблюдения и учет урожая проводили по методике Б.А. Доспехова. В течение вегетационного периода проводили биометрические измерения: высота растений, длина метелки, диаметр соломины (второе междоузлие) и коэффициент устойчивости (отношение высоты стебля к диаметру исследуемого междоузлия).

Интенсивность полегания коллекции риса фиксировали визуально по пятибалльной шкале (Ковтун И.И., Гойса Н.И., Орлов В.Н., 1981; Халитов А.Х., 1976); оценку сортов риса по коэффициенту полегания по методу А.В. Воронцова (1973). Способ посева риса – рядовой с междурядьями 15 см, норма высева рекомендованная. В течение вегетации проводили тщательный уход за растениями, борьбу с сорняками, болезнями и вредителями. Сбор и учет урожая проводили в фазу полной спелости зерна вручную с каждого участка опыта весовым методом. Полученные семена в текущем году очистили и заложили на хранение. Статистическая обработка данных проводилась с использованием ЭВМ.

Результаты исследований. В результате исследований выделены лучшие источники коллекционных образцов по элементам структуры урожая. Длина метелки, количество зерен в метелке и масса зерна с метелки лучших коллекционных образцов риса оказались на разных уровнях (таблица 1).

Таблица 1 – Структура урожая лучших коллекционных образцов риса посевного (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Длина метелки		Количество зерен в метелке	Масса зерна с метелки			
	($X \pm S_x$), см	(V), %		($X \pm S_x$), г	(V), %		
1	2	3	4	5	6	7	8
Виконт	2017	20,48±0,74	8,03	210,80±26,07	27,66	5,48±0,72	29,51
	2018	21,66±0,98	10,09	202,40±11,52	12,73	5,63±0,36	14,47
УП 7195	2017	17,16±0,21	2,69	174,40±12,93	16,58	4,44±0,31	15,65
	2018	19,18±0,14	1,62	201,00±10,22	11,37	4,92±0,23	10,44
УП 4970	2017	15,52±0,46	6,56	149,60±14,93	22,31	4,03±0,40	22,08
	2018	19,20±0,88	10,29	224,40±16,22	16,16	5,68±0,45	17,58
УП 8419	2017	25,42±0,57	4,98	182,80±34,57	42,29	5,10±1,12	48,94
	2018	25,14±0,64	5,67	192,20±22,29	25,94	5,66±0,74	29,36
УП 5849	2017	17,02±0,21	2,77	134,20±12,76	21,26	3,74±0,33	19,84
	2018	18,86±0,37	4,37	227,60±12,23	12,01	7,14±0,44	13,74
УП 3490	2017	15,44±0,41	5,95	143,20±19,53	30,50	3,82±0,41	24,18
	2018	16,22±1,10	7,59	169,20±11,07	14,62	4,71±0,29	13,62
УП 9742	2017	19,04±0,33	3,83	170,20±44,37	58,30	5,47±0,71	28,96
	2018	19,66±0,49	5,60	225,20±17,24	17,12	6,20±0,49	17,71
УП 0235	2017	14,56±0,36	5,46	152,60±9,23	13,53	3,73±0,21	12,84
	2018	16,54±0,73	9,86	167,00±15,03	20,12	4,28±0,36	18,72
УкрНДС 7751	2017	16,70±0,81	10,87	171,20±18,43	24,07	5,62±0,67	26,46
	2018	16,48±0,52	7,11	186,60±15,66	18,77	6,16±0,50	18,10
УкрНДС 8839	2017	16,98±0,35	4,66	180,00±5,67	7,05	5,59±0,27	10,93
	2018	18,76±0,29	3,51	194,00±11,20	12,91	6,60±0,24	7,99
Мутант 533-77	2017	18,32±0,60	7,34	215,60±11,24	11,65	6,62±0,38	12,69
	2018	18,08±0,55	6,78	140,00±8,50	13,58	4,66±0,30	14,29
ВНИИР 8444*ВНИИР 187	2017	23,72±0,27	2,55	187,40±17,26	20,60	5,26±0,45	18,91
	2018	23,16±0,87	8,41	180,00±18,31	22,75	4,96±0,31	13,96

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Гультахон	2017	24,30±0,60	5,53	190,80±14,08	16,50	6,20±0,44	15,98
	2018	24,40±0,83	7,64	204,20±13,78	14,77	6,35±0,38	13,36
УкрНДС 9105	2017	17,30±1,34	17,29	178,00±31,65	39,76	4,74±0,92	43,17
	2018	18,18±0,53	6,49	222,20±23,27	23,42	6,04±0,69	25,43
Тейчунг Ней- тив*ДВРОС 15	2017	20,64±0,59	6,35	182,00±22,29	27,38	4,06±0,35	19,32
	2018	19,22±0,51	5,98	212,00±14,28	15,06	5,02±0,29	12,87
Онтарио	2017	16,64±0,37	5,02	183,40±15,72	19,16	5,37±0,42	17,50
	2018	18,12±0,22	2,71	221,00±6,96	7,04	7,29±0,16	4,91
Украина 5	2017	17,70±0,13	1,65	140,00±5,59	8,94	5,44±0,15	6,10
	2018	18,44±0,55	6,73	175,20±10,69	13,64	6,39±0,38	13,31
П. Гічкана	2017	15,78±0,41	5,85	183,60±9,22	11,23	6,23±0,32	11,40
	2018	17,74±0,37	4,62	167,80±8,53	11,37	5,94±0,24	9,08
Дніпровський	2017	16,66±1,30	17,39	163,40±18,21	24,92	4,37±0,75	38,30
	2018	16,00±0,35	4,94	161,20±13,29	18,43	4,27±0,25	13,05
Айсауле	2017	19,42±0,53	6,05	126,60±12,44	21,97	4,30±0,42	21,95
	2018	17,68±0,35	4,39	175,80±18,57	23,62	5,53±0,63	25,54
Прибой	2017	22,28±0,63	6,33	126,60±9,65	17,40	4,19±0,37	19,78
	2018	28,22±0,67	5,34	195,80±9,22	10,53	6,67±0,37	12,38
Измурд	2017	20,74±0,53	5,76	173,80±10,92	14,05	4,62±0,29	14,10
	2018	22,38±0,61	6,09	160,20±7,77	10,84	5,10±0,29	12,86
Хазар	2017	20,12±0,53	5,90	245,00±10,81	9,86	6,39±0,32	11,29
	2018	19,62±0,75	8,58	171,20±21,33	27,86	4,67±0,59	28,42
Madina	2017	22,80±0,25	2,50	167,60±7,70	10,27	6,98±0,34	10,81
	2018	23,16±0,81	7,85	142,60±6,68	10,48	5,98±0,33	12,31

Примечание: X* - среднее

Установлена разная степень корреляции между признаками. Проанализированы корреляционная зависимость количества зерен с метелки и массы зерна с метелки с основными хозяйственно-ценными признаками и установлены как положительные, так и отрицательные корреляции.

В качестве исходного материала для гибридизации использовали образцы генофонда риса посевного различного эколого-географического происхождения. Цель исследований предусматривала выявление особенностей наследования гибридами F₁ морфологических показателей устойчивости к полеганию. Исследования 2017 г. проводились в гибридном питомнике Института риса НААН Украины в отделе селекции. Материалом для исследований послужили 18 гибридных комбинаций F₁. Гибриды сеяли вручную в гибридном питомнике по схеме «материнская форма F₁ – родительская форма» с междурядьями 15 см. Анализировали растения родительских форм и гибридов F₁ по показателям: высота растений, продуктивности гибридных растений, масса 1000 зерен, число зерен в метелке и растении в целом. Гибридизацию проводили по общепринятой методике: опыление осуществляли сразу после кастрации.

Анализ наследования признака «высота растений» у гибридов первого поколения проходит на разных уровнях от $h_p = 0 \dots 44,33$, к $h_p = -1,00 \dots 13,21$ (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика родительских форм и гибридов F₁ риса посевного по продуктивности (2017 г.)

Гибридная комбинация	Продуктивность 1 р-я, г			Степень доминирования, h_p
	♀	F ₁	♂	
Дебют × УкрНДС-205	3,28	2,15	1,60	-0,35
Дебют × УкрНДС 6228	3,28	2,12	1,82	-0,60
Дебют × Л-0289	3,28	3,34	2,13	1,11
Дебют × УП 3490	3,28	1,71	4,80	-3,06
Дебют × TR-787-10-1	3,28	1,46	4,27	-4,67
Дебют × Liong Zing-31	3,28	1,61	3,81	-1,16
Антей × УкрНДС-205	6,59	8,23	1,60	1,66
Антей × УкрНДС 6228	6,59	1,59	1,82	-1,140
Антей × Л-0289	6,59	3,93	2,13	-0,19
Антей × УП 3490	6,59	3,55	3,63	-1,05
Антей × Liong Zing-31	6,59	18,55	3,81	0,39
Антей × TR-787-10-1	6,59	9,24	4,27	3,29
УП 3472 × УкрНДС-205	14,85	17,19	1,60	1,35
УП 3472 × УкрНДС 6228	14,85	12,32	1,82	0,61
УП 3472 × Л-0289	14,85	9,61	2,13	0,18
УП 3472 × УП 3490	14,85	17,53	3,37	1,47
УП 3472 × TR-787-10-1	14,85	14,46	4,27	0,93
УП 3472 × Liong Zing-31	14,85	14,21	23,81	-1,14

По типам наследования производительности растения у гибридов F₁ риса посевного была низкой по сравнению с родительскими формами, степень доминирования колебался от положительного к отрицательному.

Выводы

1. Устойчивость к полеганию наиболее коррелирует с длиной 2-го междоузлия, поэтому отбор растений по признаку «высота растения» с целью повышения устойчивости к полеганию является эффективным. Высота растений в значительной степени оказала влияние не только на устойчивость к полеганию, но и на урожайность посевов.

2. Исследована специфичность генетического контроля признака устойчивости к полеганию гибридного материала риса посевного, созданного с участием 6 источников устойчивости к полеганию.

3. Установлено наличие доминантных факторов устойчивости к полеганию в сортах *Дебют*, *Антеи*, *УИР 3472*, их фиксация в потомстве и выявление положительных трансгрессий в гибридах.

Литература

1. Орлюк, А.П. Теоретические основы селекции растений / А.П. Орлюк // Херсон: Айлант, 2008. – 572 с.
2. Особенности агротехники новых сортов риса: Рекомендации / А.А. Ванцовский [и др.]. – Херсон, 2005. – 39 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Пикуш, Р. Как предупредить полегание хлебов / Р. Пикуш, А.Л. Гринченко, Н.И. Пыхтин. – К.: Урожай, 1988. – 200 с.
5. Вожегова, Г.А. Новые высокопроизводительные сорта риса украинской селекции / Г.А. Вожегова // Химия, агрохимия, сервис. – 2009. – № 17/18. – С. 28-33.
6. Орлюк, А.П. Селекция и семеноводство риса / А.П. Орлюк, Р.А. Вожегова, М.И. Федорчук. – Херсон: Айлант, 2004. – 250 с.

SELECTIVE VALUE OF RICE COLLECTION ACCESSIONS FOR DEVELOPING LODGING RESISTANT HYBRIDS

R.A. Vozhegova, A.V. Melnichenko

The conducted research shows that rice resistance to lodging is mostly connected with the length of the second internode that is why the selection of plants on the character "plant height" for the increase of lodging resistance is effective. The specificity of genetic control of the lodging resistance character of the rice hybrid material is investigated. Dominant factors of lodging resistance of the varieties Debut, Antei and UIR 3472, their presence in the progeny and positive transgression in the hybrids are established.

УДК 633.14«324»:631.52

СОЗДАНИЕ ДОМИНАНТНО-КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫХ СОРТОВ-ПОПУЛЯЦИЙ ОЗИМОЙ ДИПЛОИДНОЙ РЖИ

Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 04.04.2019)*

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

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по использованию доноров доминантной короткостебельности в селекции озимой диплоидной ржи на устойчивость к

полеганию. Получен новый перспективный селекционный материал, характеризующийся комплексом хозяйственно ценных признаков. В государственный реестр сортов Республики Беларусь включено 7 доминантно-короткостебельных сортов – популяций озимой диплоидной ржи.

В мировой селекционной практике ведущим средством борьбы с полеганием зерновых культур в последние десятилетия стало создание короткостебельных сортов. В 1967 г. во Всесоюзном институте растениеводства (ВИР) были выявлены и предложены для практической селекции короткостебельные формы – естественный мутант *ЕМ-1* и генотипы из образца местной болгарской ржи (*К-10028*), у которых короткостебельность обусловлена одним геном-супрессором в гомозиготном (*ННН*) и гетерозиготном состоянии (*ННн*) по доминантному аллелю [2].

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» селекционная работа по созданию короткостебельных сортов озимой ржи на базе доноров доминантной короткостебельности начата в конце 70-х годов прошлого столетия. На первом этапе полученный гибридный исходный материал характеризовался низким уровнем продуктивности (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние гена доминантной короткостебельности НН на продуктивность растения озимой диплоидной ржи в поколении F₁

Комбинация скрещиваний	Высота, см	Продуктивная кустистость, шт.	Число цветков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Харьковская-60 (ст.)	156,5	6,0	57,7	44,1	1,62	36,2
ЕМ-1	106,4	8,1	66,9	45,4	0,90	19,4
Харьковская-60 x ЕМ-1 (F ₁)	106,7	7,8	60,4	39,6	1,0	25,4
Комбайниний	155,4	5,7	61,8	39,3	1,65	32,4
Комбайниний x ЕМ-1 (F ₁)	104,1	8,8	65,6	39,8	0,89	23,0
Белорусская-23	148,2	5,9	59,9	49,7	1,64	33,0
Белорусская-23 x ЕМ-1 (F ₁)	102,3	10,5	62,7	41,1	1,0	22,7

Во всех гибридных комбинациях в первом поколении короткостебельные растения по элементам продуктивности колоса (число зерен, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен) существенно уступали их длинностебельным аналогам.

Опыт практической работы показал, что использование доноров доминантной короткостебельности в селекции озимой ржи может идти двумя путями:

1. Получение короткостебельных сортов-аналогов методом беккроссов и последующая их гибридизация;
2. Создание новых сортов на базе доноров короткостебельности с применением сложных и насыщающих скрещиваний.

На первых этапах использования источников доминантной короткостебельности предполагалось, что одним из наиболее быстрых путей их примене-

ния является создание неполегающих, короткостебельных аналогов высокостебельных сортов методом насыщающих скрещиваний (беккроссов).

Наш опыт селекционной работы в этом направлении показал, что более перспективный путь – создание короткостебельных популяций путем скрещивания сортов, имеющих широкую генетическую основу с источником доминантной короткостебельности, и дальнейшая селекционная проработка созданных короткостебельных популяций [3].

В популяциях, полученных от целенаправленного переопыления нескольких доминантно-короткостебельных гибридных комбинаций возможно с большей вероятностью отобрать биотипы, ценные с селекционной и хозяйственно-биологической точки зрения.

Используя сложные и насыщающие скрещивания лучших отечественных и зарубежных высокостебельных сортов озимой диплоидной ржи с донорами доминантной короткостебельности (мутант *ЕМ-1* и *Болгарская низкостебельная – К-10028*) в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» впервые был выведен сорт *Радзіма*, который включен в Государственный реестр сортов Беларуси с 1991 г. [1].

В настоящее время при создании нового селекционного материала, обладающего доминантной короткостебельностью, в наших исследованиях используются вторичные доноры гена *Н1* – сорта и гибриды, созданные на этой основе, которые в значительной мере лишены многих недостатков, присущих первоисточникам этого гена.

По результатам наших исследований это дает возможность сократить число возвратных скрещиваний и ускорить селекционный процесс. Если на создание первого доминантно-короткостебельного сорта *Радзіма* потребовалось 16 лет, то в дальнейшем время выведения новых сортов-популяций сократилось до 8-10 лет.

В гибридных популяциях, полученных в результате сложных скрещиваний сортов и гибридов разноэкологических групп, при направленных отборах по высоте стебля и продуктивности растений существенно увеличивается число генотипов с благоприятным сочетанием селекционно-ценных признаков: повышается число зерен, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен.

Отмечается положительный сдвиг и по другим селекционно-ценным признакам, особенно по зимостойкости растений, густоте продуктивного стеблестоя, выносливости к снежной плесени.

При создании короткостебельных сортов озимой ржи на доминантной основе значительные сложности представляет выделение и отбор гомозиготных по доминантному аллелю генотипов с целью получения популяций, нерасщепляющихся по высоте стебля.

В популяциях, созданных на основе доминантного источника короткостебельности, наблюдается расщепление растений на 2 яруса, образующих два независимых вариационных ряда. Разница в средней высоте ярусов у изучаемых популяций составила от 33,8 до 50,6 см, причем критерий достоверности *t* имел значение от 13,7 до 21,3, что в несколько раз выше табличного. Детальное исследование распределения растений в популяциях по высоте показало, что при

доверительной вероятности $P=0,95$ ($\bar{X} \pm 1,66$) вариационные ряды подходят близко друг к другу, часто соприкасаются, интервал между концом короткостебельного ряда и началом длинностебельного равен 4-12 см.

При уровне вероятности $P=0,99$, при котором границы вариационного ряда находятся в пределах $\bar{X} \pm 2,28$, около 5% растений могут относиться по высоте как к первому, так и ко второму ряду, вариационные ряды заходят друг за друга. Отсюда следует необходимость отбора в пределах короткостебельного яруса растений, высота которых не заходит за пределы $x \pm 1\delta$. Этим будет гарантировано отсутствие в отобранных крайних по длине соломины вариантах гомозиготных рецессивов.

В пределах короткостебельного яруса гомозиготные по доминантному аллелю признака высоты стебля генотипы (ННН) по фенотипу невозможно отличить от гетерозиготных (ННн), что не позволяет проводить отбор их в процессе селекции. Наличие гетерозиготных растений в популяциях озимой ржи как перекрестноопыляемой культуры является постоянным источником выщепления высокорослых биотипов. При последующих пересевах число длинностебельных растений увеличивается.

Исследованиями установлено, что наличие небольшого количества (2-10%) длинностебельных форм не снижает в значительной мере устойчивость популяции к полеганию и урожайность сорта. Напротив, у таких популяций есть свои преимущества: наличие двухъярусности создает в посевах особый микроклимат, который является более благоприятным для того и другого ярусов; высокая гетерозиготность создает предпосылки для проявления гетерозиса и увеличения урожайности.

Тем не менее, наличие двухъярусности в посевах ржи создает впечатление сорта «не товарного вида», «сырого», недоработанного материала. Кроме этого, в значительной мере затрудняется процесс семеноводства сорта.

В наших исследованиях разработана и применяется в практической селекции универсальная схема создания гомозиготных по гену доминантной короткостебельности популяций озимой диплоидной ржи, которая сочетает методы негативного (до цветения), индивидуального, клонового отборов и парных скрещиваний (рисунок 1).

Методика селекционной работы включает несколько этапов:

I этап. Насыщающие и сложные скрещивания высокопродуктивных длинностебельных сортов с донором доминантной короткостебельности (BC₁-BC₃.₄). Количество возвратных скрещиваний (беккроссов) может быть разным в зависимости от исходных компонентов. В последующих поколениях проводится размножение и отбор селекционного материала в гибридных питомниках с обязательной браковкой до цветения длинностебельных генотипов и короткостебельных форм, не отвечающих задачам селекции, чем достигается переопыление между лучшими по продуктивности, выравненности короткостебельными растениями в пределах комбинаций скрещивания;

II этап. Выделение и отбор гомозиготных по гену короткостебельности (ННН) генотипов. В наших исследованиях наибольшее распространение полу-

I этап
получение гибридного
материала

Скрещивания ($ННi \times hihi \rightarrow Нhi$)

II этап
выделение и отбор
гомозиготных форм

Насыщающие и сложные скрещивания с длинностебельными высокопродуктивными сортами
 $Нhi \times hihi \rightarrow 50\%Нhi + 50\%hihi$

I вариант

II вариант

Клонирование растений
 $ННi + 2Нhi + [hihi]$

Негативный отбор. Удаление
длинностебельных растений

Размножение клоновых семей
под изоляторами (опыление
внутри клонов)

Парные скрещивания корот-
костебельных растений: воз-
можны следующие сочетания
 $ННi \times ННi - 11\%$

Пересев клонов. Браковка клоновых
семей, расщепляющихся в соотноше-
нии 3:1 до цветения. Константные се-
мьи используются для закладки пи-
томников политопкроса

Посев семей от парных скре-
щиваний. Параллельный посев
индикаторного питомника
 $ННi \times hihi \rightarrow Нhi$

III этап
формирование сложных гиб-
ридных популяций

Оценка и отбор в питомнике политопкроса.
Формирование сложных гибридных популяций

Рисунок 1 - Создание короткостебельных сортов-популяций озимой ржи с использованием клонового отбора, парных и анализирующих скрещиваний

чили методы индивидуального и клонового отборов, а также парных и анализирующих скрещиваний.

Использование клонирования в сочетании с анализирующими скрещиваниями с целью выделения и отбора генотипов, гомозиготных по гену *Н1* процесс достаточно трудоемкий. Наш опыт практической селекции показал, что более эффективное применение этих методов может быть при использовании фитотронно-тепличного комплекса для длительного хранения клонов;

III этап. Формирование сложных гибридных популяций по результатам оценки и отбора в питомниках политопкросса.

Практическое применение усовершенствованных методов селекции в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» обеспечило создание ряда сложных гибридных доминантно-короткостебельных сортов-популяций озимой диплоидной ржи, характеризующихся высокой зимостойкостью, продуктивностью, устойчивостью к полеганию, выравненностью стебле-стоя (таблица 2).

Таблица 2 - Характеристика короткостебельных сортов-популяций озимой диплоидной ржи (конкурсное сортоиспытание, среднее за 1995-2017 гг.)

Сорт	Урожайность		Перезимовка, %	Устойчивость к полеганию, балл	Число продуктивных стеблей, шт/м ²	Масса зерна с колоса, г
	ц/га	% к контролю				
Зубровка	41,3	112	80,4	7,8	372	1,28
Талисман	43,8	107	79,4	7,0	400	1,25
Юбилейная	43,9	108	89,0	8,0	364	1,21
Нива	42,5	109	81,4	7,6	354	1,31
Алькора	56,1	110	97,7	7,7	453	1,43
Офелия	62,4	107	89,4	8,0	398	1,70
Паўлінка	63,3	110	92,5	8,3	435	1,69
Мирогорская	71,3	108	93,4	7,6	454	1,90

В результате совершенствования схемы селекционного процесса, использования метода сложной межсортной гибридизации, доноров короткостебельности, зимостойкости, скороспелости, интенсивного семейного отбора по методу политопкросса нами получен перспективный селекционный материал, характеризующийся комплексом хозяйственно ценных признаков.

В Государственный реестр сортов Республики Беларусь включено 7 доминантно-короткостебельных сортов-популяций озимой диплоидной ржи: *Зубровка* (1999), *Талисман* (2004), *Нива* (2005), *Юбилейная* (2005), *Алькора* (2008), *Офелия* (2010), *Паўлінка* (2011). Сорт *Мирогорская* проходит государственное сортоиспытание с 2018 г.

Алькора – сорт с доминантным типом короткостебельности. За годы конкурсного сортоиспытания превысил контрольный сорт по урожайности зерна на 10%. Длина растений 1,2-1,3 м. Устойчивость к полеганию 6-9 баллов. К моменту уборки сохраняет плотный продуктивный ценоз (420-480 стеблей/м²). Формирует высокие технологические качества зерна (ЧП – 206-330 сек., высота амилограммы – до 570 е.а., содержание белка 9,8-10,2%, натура зерна 690-740

г/л). Перезимовка растений высокая (96-98%), вынослив к основным болезням. Включен в Государственный реестр сортов с 2008 г.

Офелия – сорт с доминантным типом короткостебельности. Высота растений 1,2-1,3 м. Характеризуется высокой устойчивостью к полеганию (8-9 баллов), зимостойкостью (85-90%). Масса 1000 зерен – 33,2-38,1 г, натура зерна – 690-720 г/л, «число падения» – 145-170 с. Превышение по урожайности над контролем составило 4,3 ц/га. Сорт *Офелия* может возделываться для хлебопекарных, кормовых, технических целей, а также в качестве моноорма для животных в зеленом конвейере. Включен в Государственный реестр сортов с 2010 г.

Паўлінка – сорт с доминантным типом короткостебельности. Высота растений 1,2-1,3 м. Характеризуется высокой устойчивостью к полеганию (8-9 баллов), зимостойкостью (89-94%). Масса 1000 зерен – 30,0-35,6 г, натура зерна – 690-720 г/л, «число падения» – 234-259 сек. Превышение по урожайности над контролем в среднем за три года составило 3,4 ц/га. Рекомендуется для возделывания в зонах с легкими по гранулометрическому составу почвами. Пригоден для хлебопекарных, кормовых, технических целей. Включен в Государственный реестр сортов с 2011 г.

Мирогорская – озимая диплоидная рожь с доминантным типом короткостебельности. Сорт создан методом сложных гибридных популяций с последующими многократными индивидуальным и индивидуально – семейным отборами на выносливость к снежной плесени, зимостойкость, продуктивность, устойчивость к предуборочному прорастанию, качество зерна в питомниках поликросса. Высота растений 1,25-1,35 м. Характеризуется высокой устойчивостью к полеганию (7-8 баллов), зимостойкостью (85-95%). Масса 1000 зерен – 43,0-47,0 г, натура зерна – 645-685 г/л, «число падения» – 250-270 с. Превышение по урожайности над контролем (сорт *Офелия*), составило 5,3 ц/га.

Выводы

Практический опыт создания короткостебельных сортов-популяций озимой ржи РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» показал высокую эффективность использования доноров доминантной короткостебельности. Формирование сложных гибридных популяций за счет лучших генотипов гибридного материала, различающегося по экологическому происхождению, а также по биологическим и хозяйственно-ценным признакам позволяет ускорить селекционный процесс и обеспечивает создание новых сортов с высоким уровнем продуктивности, зимостойкости, устойчивости к полеганию и качеством зерна.

Литература:

1. Государственный реестр сортов / Отв. ред. В.А. Бейня. – Минск, 2017. – 204 с.
2. Культурная флора СССР: Рожь / В.Д. Кобылянский и [и др.]; под ред. В.Д. Кобылянского. – Л.: Агропромиздат: Ленингр. отделение, 1989. – Т.2, ч.1. – 368 с.
3. *Урбан, Э.П.* Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания. Минск: Беларуская навука, 2009. – 269 с.

DEVELOPMENT OF DOMINANT SHORT-STEMMED VARIETIES – POPULATIONS OF WINTER DIPLOID RYE

T.P. Urban

The article deals with the results of the research on the use of short stem donors in breeding of winter diploid rye for resistance to lodging. A new prospective breeding material characterized by a number of economic characters is obtained. Seven dominant short stemmed varieties – populations of winter diploid rye are registered on the National List of the Republic of Belarus.

УДК 633.15:631.527

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИВЕРГЕНЦИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ

Е.М. Говор, Л.П. Шиманский, кандидат с.-х. наук

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Полесский институт растениеводства»

(Поступила 26.02.2019)

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

Аннотация. *Генетические дистанции Нея-Ли и Махаланобиса, рассчитанные по качественным фенотипическим признакам, и метод электрофореза запасных белков обеспечили проведение кластеризации линий кукурузы в гетерозисные группы с высокой разрешающей способностью. Коэффициенты корреляции между коэффициентом подобия компонентов зерна по Жаккарду и генетическими дистанциями, рассчитанными по фенотипу, составили -0,71 (дистанции Нея-Ли) и -0,83 (дистанции Махаланобиса). Высокие корреляционные связи указывают на тот факт, что метод электрофореза запасных белков и генетические дистанции Нея-Ли и Махаланобиса можно использовать для идентификации и классификации самоопыленных линий кукурузы в селекционных программах.*

Многочисленными исследованиями зарубежных ученых была установлена четкая взаимосвязь между гетерозисом по урожаю и генетическим разнообразием, которая преобразована в представление о генетической дистанции между скрещиваемыми формами. Развитие этих исследований привело селекционную практику к дифференциации генофонда кукурузы на гетерозисные группы зародышевой плазмы. Это обусловило широкие исследования по идентификации самоопыленных линий относительно существующих гетерозисных групп и определения наиболее продуктивных межгрупповых кроссов – гетерозисных типов [1, 2, 3].

Системы классификации кукурузы основывались на фенотипических признаках. Однако они были искусственными и могли служить только достаточно полными каталогами. С развитием селекции кукурузы на гетерозис возникла необходимость классификации самоопыленных линий, которая, помимо таксономического разделения, позволяла бы прогнозировать уровень гетерозиса и целенаправленно подбирать родительские формы для продуктивных гибридных комбинаций. Одной из таких систем была классификация линий по фенотипу, предложенная в 1970-х годах Э.Н. Кобелевой, Ю.К. Кобелевым, которая предусматривала объединение самоопыленных линий в фенотипические классы по подобию комплекса качественных признаков: типа зерна, метелки, початка,

строения листьев, окраски и габитуса растения. В последние десятилетия используют различные оценки самоопыленных линий при классификации, основанные на их родословных, их биохимических и молекулярных маркерах и т.д.

Нами была исследована возможность получения информации о степени генетических различий линий кукурузы, относящихся к разным группам зародышевой плазмы на основании изучения качественных морфологических признаков.

Методика проведения исследований. Изучаемый материал представлен 38 линиями кукурузы из 9 гетерозисных групп: Кремнистая Оттава (СМ 7), Лакон (F 2), Лизаргарат (Ер 1), Зубовидная Канады (Со 72-75), Зубовидная Канады (Со 125), Зубовидная Канады (СГ 12), Ланкастер, Рейд и Айодент и 9 линиями с неизвестной родословной.

Качественные морфологические признаки учитывали визуально и кодировали по трехбалльной системе (Кобелев, Кобелева, 1980). Для идентификации признаков использовали рекомендованные эталонные образцы, а по отсутствующим – соответствующие аналоги из нашей коллекции линий.

Генетические дистанции (ГО) Нея-Ли рассчитывали для всех возможных пар линий непосредственно по трехбалльной матрице качественных признаков $GO = 1 - (2N_{xy} / (N_x + N_y))$, где N_{xy} - число признаков, общее для линий x и y ; N_x / N_y - число признаков в линии x .

Для расчета дистанции Махаланобиса (Mahalanobis, 1936) оценки в баллах приводили к количественному виду, как рекомендовал Доспехов (1979), по формуле $A = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x - y)^2}$, где A - средняя трансформированная оценка качественного признака; $x|y$ – балльная оценка признака.

Генетические дистанции обрабатывали кластерным анализом. По матрицам обоих типов дистанций строили эволюционные деревья (дендрограммы) связей между линиями.

Выделение и электрофорез зеина в 10% полиакриламидном геле проводили по «Методике идентификации семян кукурузы с использованием электрофореза зеина» (ВИР, 2002, С-Пб.). В качестве метода математической обработки результатов электрофореза вычисляли коэффициент подобия (КП) при попарном анализе по Жаккарду. При этом в анализе спектров белка использовали следующую формулу:

$$S_j (\text{КП}) = m / m + (i + k + l);$$

где: m – число пар полос сравниваемых спектров, одинаковых по подвижности и по плотности;

i – полосы, присутствующие в спектре В и отсутствующие в спектре А,

k – полосы, присутствующие в спектре А и отсутствующие в спектре В,

l – пары полос, занимающие одинаковую позицию, но значительно различающиеся по плотности.

Результаты и их обсуждение. В наших исследованиях генетическая дивергенция испытанных линий кукурузы рассчитана как генетическая дистанция. Генетические дистанции Нея-Ли, рассчитанные для всех возможных пар линий непосредственно по трехбалльной матрице качественных признаков,

варьировали в пределах 0,067-0,930. Наибольшие дистанции 0,800-0,930 наблюдались между линиями групп Ланкастер и Лакон. Наименьшие дистанции 0,067-0,400 наблюдались у родственных линий.

Кластерный анализ генетических дистанций Нея-Ли позволил разделить линии на 5 кластеров. Связи линий совпадали с их действительной принадлежностью к группам зародышевой плазмы (рисунок 1). Так, линии ДК129 и ДК 261 (Со 125) или БЛ 87 и БЛ 40 (СМ 7) были попарно связаны, а дистанции между ними (0.133 и 0.200) приближались к минимальным в опыте, однако наблюдалось и несоответствие. Линия К 410 (Со 125) проявила связь с линиями из группы Лизаргарат, что не соответствует ее родословной. Линия с неизвестной родословной БКР 109 связана, согласно дендрограммы, с линиями гетерозисной группы Лизаргарат, БКР 46 с линиями гетерозисной группы СМ 7, линии БКР 105, БКР 200, БКР 42, БКР 43, БКР 44, БКР 45, имеют связи между собой и вошли в кластер группы Лакон.

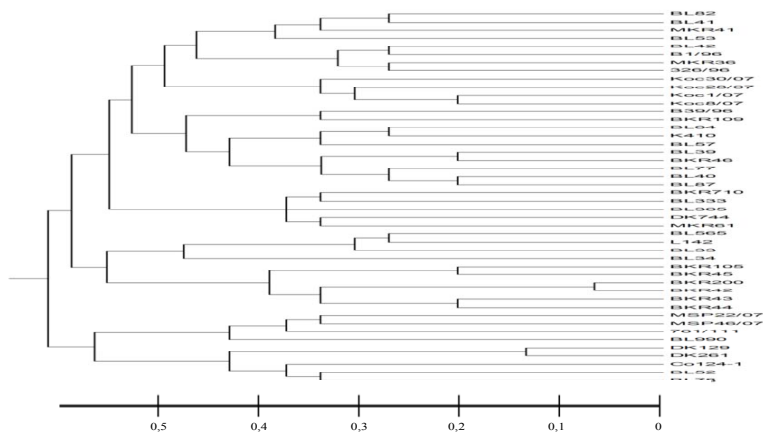


Рисунок 1 – Дендрограмма связей между самоопыленными линиями кукурузы по дистанциям Нея-Ли (2017 г.)

Дистанции Махаланобиса, рассчитанные по совокупным оценкам, проявили большую разрешающую способность у различных видов линий и широко варьировали в пределах 1,00-5,48 (рисунок 2). Линии были сгруппированы в 5 кластеров. По данным дендрограммы, попарно связанными были родственные линии из одних и тех же гетерозисных групп. Линии с неизвестной родословной вошли в кластер с линиями гетерозисной группы Кремнистая Оттава (СМ 7).

Таким образом, кластеризация по генетическим дистанциям Махаланобиса и Нея-Ли, основанная на фенотипических признаках, позволила выявить взаимосвязи между линиями, которые в большинстве случаев ожидалось на основе известной гетерозисной принадлежности. Распределение линий в гетерозисные группы по генетическим дистанциям Махаланобиса и Нея-Ли, рассчитанным на

основании степени проявления морфологических признаков, соответствует в 97% случаях генетическому происхождению линий, т.к. отдельно изученные линии были созданы с участием различных гетерозисных групп и несут морфологические признаки данных групп. Метод может рассматриваться как первичный этап дифференциации линий.

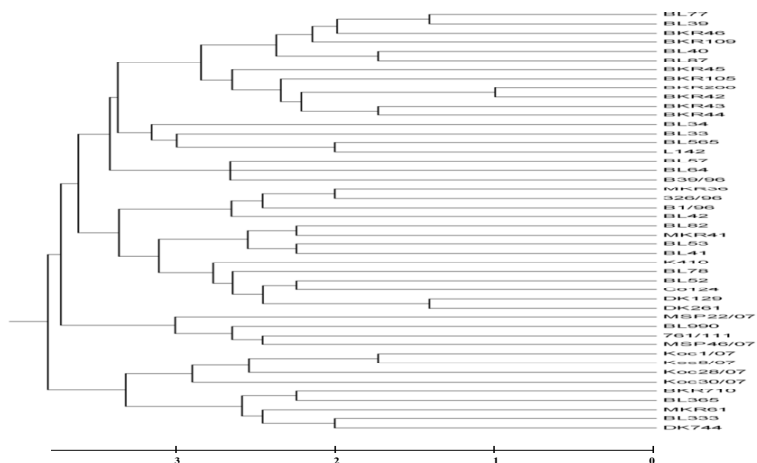


Рисунок 2 – Дендрограмма связей между самоопыленными линиями кукурузы по дистанциям Махаланобиса (2017 г.)

Была исследована возможность получения информации о степени генетических различий линий кукурузы, относящихся к разным группам зародышевой плазмы, на основании анализа электрофоретических спектров запасных белков семян кукурузы. На основе электрофоретической подвижности белковых профилей было рассчитано генетическое сходство линий из девяти гетерозисных групп. Изученные образцы проявили существенную связь внутри отдельных гетерозисных групп – коэффициент подобия (КП) имел значения в группе Лакон 79,3-96,2; Лизаргат – 68,4-81,5; CM 7 – 82,5-94,4; Co 125 – 64,9-83,8; Co 72-75 – 68,4-75,0; CG 12 – 68,8-81,8; Ланкастер – 77,1-82,5; Рейд – 64,9-81,8 и Айодент – 71,4-81,5 (рисунок 3).

В наших исследованиях были рассчитаны средние внутри- и среднегрупповые коэффициенты подобия по Жаккарду, которые позволяют оценить соответствующие уровни генетической дивергенции внутри и между группами.

Средняя внутригрупповая дивергенция была минимальна. Наибольшее рассеяние наблюдалось в группах Co 72-75 и Рейд. Наиболее удаленными оказались группы Лизаргат и CG 12, Кремнистая Оттава и CG 12 (таблица 1). Минимально дивергентными оказались группы Лизаргат и Кремнистая Оттава. Обособление гетерозисных групп было очевидным, поскольку внутригрупповые дистанции генетического сходства превосходили межгрупповые в опытах в среднем в 6,3 раза.

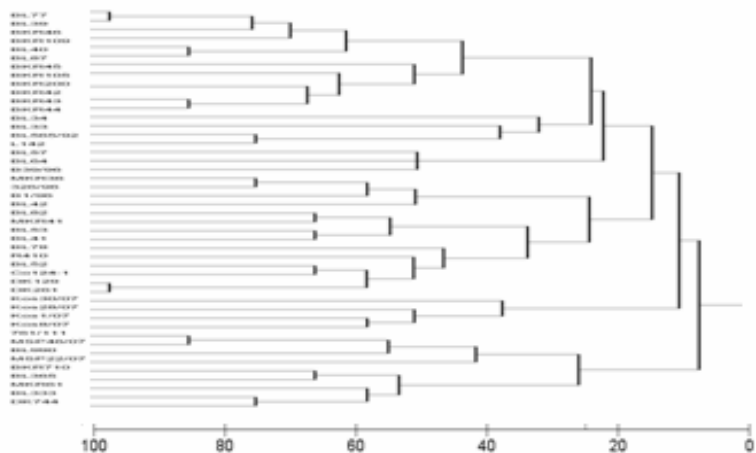


Рисунок 3 – Дендрограмма связей между самоопыленными линиями кукурузы по коэффициенту подобия Жаккарда (2017 г.)

Таблица 1 – Внутри- и среднегрупповые коэффициенты подобия по Жаккарду

Гетерозисные группы	Лакон	Лизаргарат	СМ7	Со 125	Со 72-75	CG 12	Айодент	Рейд	Ланкастер
Лакон	87,75	13,57	8,76	13,82	13,23	15,89	9,2	7,39	19,55
Лизаргарат		74,95	21,97	11,23	6,9	6,54	15,4	13,30	11,79
СМ7			88,45	11,23	6,91	6,54	15,4	13,30	11,79
Со125				74,35	7,98	7,98	7,01	17,44	9,25
Со72-75					71,7	19,06	13,46	13,29	20,14
CG 12						75,30	7,11	17,36	18,17
Айодент							76,45	12,34	14,45
Рейд								73,35	10,9
Ланкастер									79,8

Коэффициенты корреляции между коэффициентом подобия компонентов зейна по Жаккарду и генетическими дистанциями, рассчитанными по фенотипу, составили -0,71(дистанции Нея-Ли) и -0,83(дистанции Махаланобиса).

Заключение

Метод электрофореза запасных белков и генетические дистанции Нея-Ли и Махаланобиса, рассчитанные по качественным фенотипическим признакам, можно использовать для идентификации и классификации самоопыленных линий кукурузы в селекционных программах.

Литература

1. Мустяца, С.И. Определение генетических различий между сестринскими линиями кукурузы / С.И. Мустяца, С.И. Мистрец // Кукуруза и сорго. – 2000. – № 6. – С. 12-16.
2. Соколов, В.М. Использование качественных признаков для генотипической классификации самоопыленных линий кукурузы / В.М. Соколов, Д.В. Гужва // Кукуруза и сорго. – 1997. – №3. – С. 8-12.
3. Соколов, В.М. Селекционная оценка элитных линий кукурузы из основных гетерозисных групп зародышевой плазмы / В.М. Соколов [и др.] // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Краснодар, 1999. – С. 92-96.

GENETIC DIVERGENCE OF SELF-POLLINATED LINES OF MAIZE

E.M. Govor, L.P. Shimansky

Genetic distances Ney-Lee and Mahalanobis calculated according to qualitative phenotypic characters and method of storage proteins electrophoresis provide maize lines clustering in heterotic groups with high resolution. The correlation coefficients between Jaccard similarity coefficient of zein components and genetic distances, calculated according to the phenotype, is -0,71 (distance Ney-Lee) and -0,83 (Mahalanobis distance). High correlations indicate the fact that electrophoresis of storage proteins and genetic distances Ney-Lee and Mahalanobis can be used for identification and classification of self-pollinated lines of maize in breeding programs.

УДК 633.112.9«324»:581.162.32:631[526.32+524.84]

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОПЫЛЕНИЯ НА ЗАВЯЗЫВАЕМОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЛОСА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

Н.П. Шишлова, кандидат биол. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 8.02.2019)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье приводятся результаты изучения влияния способа опыления на завязываемость и продуктивность колоса 17-ти сортов и перспективных сортообразцов озимого тритикале в агроклиматических условиях центрального региона Беларуси. Установили, что принудительное самоопыление тритикале сопровождалось инбредной депрессией, степень проявления которой определялась сортовой спецификой. Восприимчивость образцов тритикале к чужеродной пыльце при перекрестном опылении стерильных цветков отражала низкий уровень прогамной несовместимости. Корреляционный анализ взаимосвязей между завязываемостью, озерненностью и массой зерновки выявил наличие достоверных и наиболее тесных зависимостей между естественным опылением колосьев и самоопылением, что свидетельствовало о высокой степени тождественности этих процессов у изученных сортов и сортообразцов озимого тритикале.

Введение. Объединение в геноме тритикале наследственного материала пшеницы и ржи привело к тому, что культура, являясь факультативным самоопылителем, характеризуется склонностью к аллогамии. Тритикале обладает высокой степенью самосовместимости и хорошо переносит длительное самоопыление; тем не менее, культура способна к реализации части своего потенциала продуктивности за счет перекрестного опыления [1, 2, 4, 9]. Как показали проводимые в этом направлении исследования, доля перекрестно опыляемых

цветков тритикале может достигать 20% в зависимости от региона возделывания, метеорологических условий и сортовой специфики [1, 6].

Способность тритикале к аллогамному опылению определяется рядом особенностей процесса цветения культуры. К ним относится высокая степень открытого цветения (80-95%), близкая к показателю ржи [1, 2, 7]. При этом хазмогамия тритикале представляет собой более продолжительный и пластичный процесс, с точки зрения диапазонов оптимальной температуры и влажности воздуха, по сравнению с открытым цветением ржи и пшеницы [2, 3]. Кроме того, тритикале характеризуется повышенным количеством вторично открывающихся цветков, отсутствием дихогамии, а также менее жизнеспособной пыльцой вследствие инбредной депрессии генома ржи в составе генома тритикале [6].

Инбридинг в аллогамной гетерозиготной популяции приводит к повышению гомозиготности и снижению продуктивности вплоть до наступления полной стерильности, что наблюдается при самоопылении ржи. Исследования российских ученых показали, что принудительное самоопыление тритикале также сопровождалось инбредной депрессией, уровень которой был значительно меньше, чем у ржи, но больше, чем у пшеницы [1, 5]. Максимальный депрессивный эффект наблюдался при строгом клейстогамном опылении; менее выраженный – при самоопылении в пределах колоса или растения.

Целью исследований явилось изучение реакции генотипов озимого тритикале на способ опыления и оценка его влияния на завязываемость и элементы продуктивности колоса в агроклиматических условиях центрального региона Республики Беларусь.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований служили 17 образцов озимого гексаплоидного тритикале (*X Triticosecale* Wittm. & A. Camus, $2n=42$): 9 сортов отечественной селекции – *Динамо*, *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 Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию в 2017-2018 гг. Полевой опыт состоял из четырех вариантов опыления:

1. Контроль – естественное опыление интактных колосьев;
2. Самоопыление – принудительное опыление в пределах колоса;
3. Гейтеногамия – ограниченно-свободное опыление в пределах растения;
4. Ксеногамия – свободное перекрестное опыление кастрированных цветков.

Для обеспечения самоопыления перед началом цветения изолировали главный колос (вариант 2) или растение (вариант 3). Для обеспечения свободного перекрестного опыления (вариант 4) в фазу колошения проводили кастрацию цветков главного колоса без последующей изоляции. В фазу полной спелости главные колосья срезали для биометрического анализа: определяли количество колосков, цветков, зерен и массу зерна. Рассчитывали показатели завязываемости зерна в колосе и массы зерновки при различных способах опыления.

Результаты исследований и их обсуждение. Сорта и сортообразцы озимого тритикале характеризовались существенными различиями по срокам цветения как внутри анализируемой выборки, так и по годам наблюдения. Массовое цветение (ст. 65) в 2017 г. отмечалось у рано цветущих образцов 10 июня, поздно цветущих – 17 июня (таблица 1). В 2018 г. сроки цветения заметно (от 9 до 16 сут) сместились: 29 мая была впервые зафиксирована 65 ст., а через 5 сут массовое цветение растений отмечалось у всех изученных образцов озимого тритикале.

Метеорологические условия в период цветения в 2017 г. (вторая и третья декада июня) можно охарактеризовать в целом как благоприятные, т.к. температура воздуха была близкой к норме, а обеспеченность осадками составила в среднем 66%. В 2018 г. в период цветения озимого тритикале отмечалось превышение температурной нормы на фоне существенного дефицита осадков, что ускорило процесс цветения, но негативно сказалось на уровне завязываемости образцов.

Таблица 1 – Характеристика образцов озимого тритикале по срокам цветения и количеству развитых цветков в колоске

Образец	Середина фазы цветения (стадия 65 ВВСН)		Количество цветков в колоске, шт.
	2017 г.	2018 г.	
Динамо	14.06.	02.06.	2,91
Прометей	17.06.	03.06.	2,81
Импульс	17.06.	03.06.	2,83
Амулет	17.06.	01.06.	2,84
Благо-16	14.06.	31.05.	2,87
Ковчег	13.06.	01.06.	3,39
Березино	12.06.	02.06.	2,82
Устье	10.06.	30.05.	2,79
Заречье	10.06.	30.05.	3,51
Атлет-17	10.06.	30.05.	2,75
Жемчуг	10.06.	29.05.	2,98
Юбилей	17.06.	03.06.	3,32
Гродно	12.06.	03.06.	3,11
ИЗС 1	10.06.	30.05.	2,94
ИЗС 2	17.06.	03.06.	3,70
ИЗС 4	17.06.	03.06.	3,25
Дон 3434/09	10.06.	30.05.	2,77
Границы выборки	10.06.–17.06.	29.05.–03.06.	2,75–3,70

Ранними сроками цветения, по результатам двухлетних наблюдений, отличались образцы *Устье*, *Заречье*, *Атлет-17*, *Жемчуг*, *ИЗС 1* и *Дон 3434/09*. Образцы *Прометей*, *Импульс*, *Юбилей*, *ИЗС 2* и *ИЗС 4* начинали цветение на 5-7 сут позже. Та же тенденция отмечалась и при оценке сроков колошения этих образцов тритикале с разницей между группами в 3-6 сут. Исключением стал образец российской селекции *Дон 3434/09*, который не относился к рано выко-

лашивающимся, однако характеризовался быстрым переходом от колошения к цветению.

Количество развитых цветков в колоске тритикале составило в среднем по выборке 3,03 шт. при минимальном – 2,75 (*Атлет-17*) и максимальном – 3,70 шт. (*ИЗС 2*) значениях показателя. Как показал корреляционный анализ, повышенное количество цветков положительно влияло на уровень завязываемости образцов тритикале при всех способах опыления, но достоверная зависимость отмечалась для гейтеногамного опыления ($r = 0,577^*$).

Раннее колошение и цветение, по свидетельству ряда источников, способствуют длительному сохранению жизнеспособности рылец пестиков, что обеспечивает более высокий уровень завязываемости у раннеспелых генотипов [2, 8]. Действительно, раннее цветение образцов озимого тритикале достоверно положительно влияло на завязываемость при естественном опылении ($r = 0,662^{**}$) и самоопылении ($0,642^{**}$), а также на массу зерновки при самоопылении ($0,487^*$).

Как показали полевые исследования, способ опыления образцов озимого тритикале не оказал определяющего влияния на уровень завязываемости выборки в целом (таблица 2). Ни один из рассматриваемых вариантов опыления не имел ощутимого преимущества перед другими. Тем не менее, при естественном опылении интактных колосьев, завязываемость тритикале оказалась наибольшей (60,5 %) на фоне минимальной генотипической изменчивости ($V = 5,37\%$).

Инбридинг тритикале сопровождался депрессией, при которой средний уровень завязываемости снизился до 56,5 и 56,7% – для вариантов самоопыления и гейтеногамии соответственно. При этом отмечалось возрастание генотипической специфики, что характерно для инбридинга. Максимальная депрессия завязываемости наблюдалась при самоопылении у образцов *Импульс*, *Ковчег*, *Жемчуг* и *Юбилей*; при гейтеногамии – *Благо-16*, *Устье* и *Гродно*.

Инцухт-депрессия разной величины отмечалась у всех образцов озимого тритикале, за исключением сортов *Березино* и *Заречье*, у которых отсутствовали признаки гаметофитной самонесовместимости для обоих вариантов самоопыления. Из анализируемой выборки также можно выделить образцы с избирательной инцухт-толерантностью: *Дон 3434/09* – в случае с самоопылением и *ИЗС 2* – гейтеногамным опылением.

Свободное опыление колосьев тритикале с удаленными тычинками характеризовалось завязываемостью на уровне контроля с разницей в пределах ошибки опыта. В отсутствие собственной пыльцы образцы озимого тритикале в целом проявили себя как хорошие реципиенты чужеродной пыльцы на фоне существенной дифференциации по показателю завязываемости ($V = 17,08\%$). Например, образцы озимого тритикале *Дон 3434/09* и *Заречье* отличались наилучшей восприимчивостью к чужой пыльце (завязываемость > 70%), в то время как для сортов *Динамо* и *Благо-16* этот показатель не превышал 40%.

Влияние способа опыления, в частности инбридинга, на завязываемость озимого тритикале проявилось в большей степени на уровне аллелотипа. Исходя из этого, анализируемую выборку можно условно разделить на 2 контраст-

Таблица 2 – Влияние способа опыления на завязываемость зерен озимого тритикале (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Завязываемость, %			
	Контроль	Самоопыление	Гейтеногамия	Ксеногамия
Динамо	62,8	55,1	56,8	39,9
Прометей	53,4	46,6	52,2	61,7
Импульс	54,6	46,2	50,6	68,3
Амулет	57,6	53,2	56,9	67,4
Благо-16	60,5	59,3	53,1	39,0
Ковчег	64,0	55,2	61,1	56,2
Березино	61,5	63,1	61,7	46,7
Устье	60,6	58,7	50,6	64,6
Заречье	66,1	71,2	69,9	71,5
Атлет-17	62,0	60,1	59,7	56,8
Жемчуг	62,4	54,3	56,4	55,1
Юбилей	59,3	51,5	54,9	64,3
Гродно	63,8	58,7	55,3	54,9
ИЗС 1	61,3	56,3	54,5	59,0
ИЗС 2	59,2	53,2	60,8	63,3
ИЗС 4	58,3	57,4	55,6	62,1
Дон 3434/09	60,9	61,1	54,0	75,3
Среднее	60,5 ± 0,8	56,5 ± 1,4	56,7 ± 1,2	59,2 ± 2,5
Границы изменчивости	53,4–66,1	46,2–71,2	50,6–69,9	39,0–75,3
Коэффициент вариации, %	5,37	10,57	8,49	17,08

ные группы. В первую вошли образцы тритикале, для которых естественное опыление колосьев являлось наилучшим способом достижения максимальной завязываемости зерен: *Динамо*, *Благо-16*, *Ковчег*, *Атлет-17*, *Жемчуг*, *Гродно* и *ИЗС 1*. Ко второй группе относились образцы с повышенной восприимчивостью к чужеродной пыльце: *Прометей*, *Импульс*, *Амулет*, *Устье*, *Юбилей*, *ИЗС 2*, *ИЗС 4* и *Дон 3434/09*. Вне этих групп остались 2 инцухт-толерантных сорта озимого тритикале: *Березино* – с наилучшей завязываемостью при самоопылении и *Заречье* – сорт, для которого все варианты опыления были более предпочтительными, чем контроль.

Изучение влияния способа опыления на озерненность главного колоса тритикале показало, что, как и в случае с завязываемостью, разница между вариантами на уровне выборки была незначительной (таблица 3). Максимальное количество зерен в колосе отмечалось при естественном опылении (48,0), минимальное – при самоопылении (45,6 шт.), что отражало наличие инбредной депрессии на уровне 5,0%. Генотипическая изменчивость показателя в наибольшей степени проявилась при перекрестном опылении и самоопылении, как и в случае с показателем завязываемости.

Самоопыление тритикале приводило к снижению количества зерен в главном колосе у всех образцов, за исключением *Благо-16*, *Березино*, *Заречье* и *Дон*

3434/09. При гейтеногамном опылении инбредная депрессия носила еще менее выраженный характер (3,3%) и отсутствовала у большинства образцов тритикале. Низкая инцухт-толерантность отмечалось у образцов *Импульс*, *Жемчуг*, *Юбилей*, *ИЗС 4* (самоопыление) и *Благо-16*, *Устье*, *Дон 3434/09* (гейтеногамия).

Таблица 3 – Влияние способа опыления на озерненность главного колоса озимого тритикале (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Количество зерен в колосе, шт.			
	Контроль	Самоопыление	Гейтеногамия	Ксеногамия
Динамо	52,5	48,3	50,0	33,3
Прометей	42,6	38,7	44,0	49,2
Импульс	46,9	40,0	44,1	58,6
Амулет	47,5	43,5	47,3	55,7
Благо-16	51,4	52,2	42,9	33,5
Ковчег	46,2	41,4	46,2	40,6
Березино	48,5	52,5	49,9	36,7
Устье	48,3	47,6	40,0	51,5
Заречье	51,1	55,8	54,5	55,2
Атлет-17	50,9	48,5	47,1	46,4
Жемчуг	46,5	41,4	46,7	41,0
Юбилей	47,2	41,6	45,7	50,8
Гродно	49,6	47,5	45,5	42,8
ИЗС 1	49,3	46,9	44,7	47,4
ИЗС 2	49,3	46,3	53,6	52,9
ИЗС 4	44,2	36,5	47,2	47,2
Дон 3434/09	43,3	45,8	38,7	53,7
Среднее	48,0 ± 0,7	45,6 ± 1,3	46,4 ± 1,0	46,9 ± 1,9
Границы изменчивости	42,6–52,5	36,5–55,8	38,7–54,5	33,3–58,6
Коэффициент вариации, %	5,93	11,49	8,90	16,60

Свободное перекрестное опыление стерильных цветков тритикале приводило к получению сходного с другими вариантами опыления результата озерненности колоса для выборки в целом. На генотипическом уровне различия обозначились между сортами *Динамо*, *Благо-16*, *Березино* и *Прометей*, *Импульс*, *Амулет*, *Дон 3434/09*. Для первых были характерны низкие показатели озерненности, значительно уступающие показателям при естественном опылении. У второй группы образцов ксеногамия приводила к формированию максимально озерненных колосьев.

Способ опыления оказал влияние на величину показателя «масса зерновки». Инбредная депрессия при самоопылении находилась на низком уровне (в среднем 3,5 %) и не проявилась у образцов *Динамо*, *Благо-16*, *Ковчег*, *Березино*, *Жемчуг* и *Дон 3434/09* (таблица 4). Помимо этого, ограниченно-свободное гейтеногамное опыление приводило к образованию наиболее тяжеловесной зерновки у всех изученных образцов озимого тритикале, за исключением сортообразцов *Гродно* и *Дон 3434/09*.

Таблица 4 – Влияние способа опыления на массу зерновки главного колоса озимого тритикале (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Масса зерновки, мг			
	Контроль	Самоопыление	Гейтеногамия	Ксеногамия
Динамо	39,3	40,0	43,1	23,7
Прометей	51,5	49,7	56,6	27,4
Импульс	48,7	44,4	48,8	27,9
Амулет	51,6	49,3	55,6	23,1
Благо-16	48,3	49,3	50,4	20,7
Ковчег	45,7	46,1	51,5	21,4
Березино	45,5	47,5	47,6	24,0
Устье	50,8	48,6	56,0	28,6
Заречье	46,6	44,5	49,5	26,0
Атлет-17	46,2	44,5	52,3	25,4
Жемчуг	49,7	52,2	56,1	24,4
Юбилей	47,4	43,8	50,2	27,1
Гродно	53,1	48,2	48,6	28,3
ИЗС 1	49,6	48,2	54,9	25,6
ИЗС 2	45,6	42,0	47,8	29,2
ИЗС 4	47,9	40,1	50,6	24,2
Дон 3434/09	60,6	60,7	57,0	28,2
Среднее	48,7 ± 1,1	47,0 ± 1,2	51,6 ± 1,0	25,6 ± 0,6
Границы изменчивости	39,3–60,6	40,0–60,7	43,1–57,0	20,7–29,2
Коэффициент вариации, %	9,09	10,51	7,66	9,98

Масса зерновок, полученных при свободном перекрестном опылении изученных образцов озимого тритикале, соответствовала массе гибридных зерновок, формирующихся в полевых условиях при межсортовых скрещиваниях, включающих кастрацию колосьев, их изоляцию и контролируемое опыление. Характерно, что минимальное значение показателя (20,7 мг) принадлежало наименее восприимчивому к чужеродной пыльце сорту *Благо-16*; максимальное (29,2 мг) – образцу *ИЗС 2* с высокими значениями завязываемости и озерненности при перекрестном опылении.

Корреляционный анализ взаимосвязей между показателями завязываемости, озерненности и массы зерновки позволил оценить степень их сопряженности у изученных вариантов опыления. Уровень завязываемости достоверно положительно влиял на озерненность колоса при любом способе опыления: $r = 0,553^*$ – контроль, $0,773^{**}$ – самоопыление, $0,813^{**}$ – гейтеногамия, $0,945^{**}$ – ксеногамия. Увеличение количества зерен в колосе сопровождалось снижением их массы при естественном опылении ($-0,589^*$) и гейтеногамии ($-0,639^{**}$). При самоопылении количество зерен не оказывало влияния на их массу. В случае перекрестного опыления, повышенная озерненность колоса достоверно положительно сочеталась с более высокой массой зерновки ($0,633^{**}$), что объясня-

ется низким уровнем не только прогамной, но и постгамной несовместимости у образцов тритикале, восприимчивых к чужеродной пыльце.

Наиболее тесные достоверные зависимости проявились между естественным опылением колосьев и самоопылением, что свидетельствовало о высокой степени их аутентичности у изученных сортов и сортообразцов озимого тритикале (таблица 5).

Таблица 5 – Корреляционный анализ взаимосвязей между различными способами опыления образцов озимого тритикале ($n=17$, среднее за 2017-2018 гг.)

Зависимая переменная	Коэффициент парной корреляции (r)		
	Самоопыление	Гейтеногамия	Ксеногамия
Завязываемость			
Контроль	0,774**	0,627**	-0,248
Количество зерен			
Контроль	0,754**	0,456	-0,368
Масса зерновки			
Контроль	0,843**	0,729**	0,392
Множественный корреляционный анализ			
Зависимая переменная	Независимые переменные	Вариант опыления	Коэффициент корреляции (R)
Завязываемость	Количество зерен, масса зерновки	Контроль	0,570
		Самоопыление	0,776
		Гейтеногамия	0,833
		Ксеногамия	0,945

* – Достоверно при $P_{0,5}$; ** – при $P_{0,1}$.

Множественный корреляционный анализ показал, что уровень завязываемости детерминировал количество зерен и их массу в случае естественного опыления на 32,5, при самоопылении – на 60,2, гейтеногамии – на 69,4 и перекрестном опылении – на 89,3%.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что реакция сортов и сортообразцов озимого тритикале на способ опыления носила избирательный характер и оказала заметное влияние на завязываемость и продуктивность колоса. Инбредная депрессия в целом не превышала 5%, что свидетельствовало о высоком уровне гаметофитной самосовместимости тритикале. Из анализируемой выборки выделили индучт-толерантные сорта озимого тритикале *Березино* и *Заречье*, а также образцы, характеризовавшиеся повышенной инбредной депрессией – *Импульс*, *Юбилей* и *Гродно*.

Свободное перекрестное опыление стерильных цветков показало, что образцы тритикале в целом проявили себя как хорошие реципиенты чужеродной пыльцы. Наибольшей восприимчивостью характеризовались сорта *Прометей*, *Импульс*, *Амулет* и сортообразец российской селекции *Дон 3434/09*. Сорта *Ди-*

намо, Благо-16 и Березино, напротив, отличались более высокой степенью прогамной несовместимости, что приводило к снижению завязываемости и продуктивности колоса при ксеногамии.

Корреляционный анализ показал, что естественное опыление колосьеv озимого тритикале наиболее соответствовало варианту принудительного самоопыления в пределах колоса.

Литература

1. 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.

2. 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.

3. Комаров, Н.М. Ход цветения у озимого гексаплоидного тритикале / Н.М. Комаров // Бюллетень Ставропольского НИИСХ. – 2015. – № 7. – С. 150-161.

4. 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.

5. 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.

6. Рубец, В.С. Особенности избирательности оплодотворения у тритикале (*Triticosecale* Wittm.) / В.С. Рубец, О.В. Митрошина, В.В. Пыльнев // Известия ТСХА. – 2014. – Вып. 6. – С. 15-37.

7. 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.

8. Симинел, В.Д. Особенности биологии цветения, опыления и оплодотворения тритикале / В.Д. Симинел, О.С. Кильчевская. – Кишинев: «Штиинца», 1984. – 152 с.

9. Kociuba, W. Obserwacje kwitnienia, zapyleenia i plodności roślin pszenżyta w porównaniu do pszenicy i żyta / W. Kociuba, R. Skulimowska // Biul. Inst. hod. i aklim. rosl. – 1995. – № 195-196. – P. 99-106.

INFLUENCE OF POLLINATION TECHNIQUE ON THE FORMATION AND YIELD OF WINTER TRITICALE EAR

N.P. Shishlova

The paper demonstrates the results of the study of the influence of pollination techniques on the formation and yield of the ear of 17 winter triticale varieties in agro-climatic conditions of the central region of Belarus. It is established that forced self-pollination of triticale is accompanied by inbreeding depression, the intensity of which is determined by variety specificity. Susceptibility of the triticale accessions to foreign pollen with self-pollination of sterile flowers reflects a low rate of proгамic incompatibility. Correlation analysis of the relationship between ear formation, grain content and weight identifies the most significant dependence between natural pollination and self-pollination what witnesses a high degree of their identity.

**ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРИЗНАКАМИ, БИОМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ,
ПРОДУКТИВНОСТЬЮ И КАЧЕСТВОМ ЗЕРНА
ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ**

Н.П. Шишлова, кандидат биол. наук, *В.Н. Бушневич*, кандидат
с.-х. наук, *В.Н. Безлюдный*, кандидат биол. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 21.01.2019)

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

Аннотация. В статье представлены результаты анализа морфофизиологических и физико-химических показателей 17-ти сортов и перспективных сортообразцов озимого тритикале за 2017-2018 гг. Оценка генотипической изменчивости количественных признаков выявила значительную дифференциацию образцов по срокам колошения, типу куста, длине остей, форме и поверхности зерна, содержанию сырой клейковины. С использованием корреляционного анализа оценили степень сопряженности показателей, а также их вклад в формирование урожайности озимого тритикале.

Введение. Важнейшим направлением в селекционной работе с тритикале является проблема улучшения и стабилизации количественных признаков культуры, в частности, таких как высота растения, натура и стекловидность зерна, содержание в нем белка, клейковины и др. Корректировка количественных признаков затрудняется тем, что они контролируются совместным действием большого числа генов и, как правило, сильно варьируют под влиянием условий окружающей среды. Несмотря на интенсивный селекционный процесс, отдельные признаки тритикале по-прежнему остаются узкими местами культуры [4, 6, 8, 9]. Например, реологические свойства теста, полученного из муки тритикале, выращенного в почвенно-климатической зоне Беларуси, в целом не соответствуют стандартам хлебопекарного промышленного производства [3, 4, 5]. Тем не менее, отечественные районированные сорта озимого тритикале и сортообразцы, переданные в Государственную инспекцию по испытанию и охране сортов растений, характеризуются не только высоким потенциалом продуктивности, но и рядом хозяйственно-ценных признаков.

Целью исследований явился анализ морфофизиологических, биометрических и биохимических показателей озимого тритикале, оценка их генотипической изменчивости и степени сопряженности, а также выявление достоверных корреляционных зависимостей, ориентированных на повышение потенциала продуктивности и качества зерна.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований служили растения и семена озимого гексаплоидного тритикале (*X Triticosecale* Wittm. & A. Camus, $2n=42$) 9 сортов отечественной селекции: *Динамо* (контрольный сорт), *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 Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию в 2017-2018 гг. в соответствии с отраслевым регламентом и методикой полевого опыта.

Определяли сроки колошения, морфометрические параметры растения, урожайность, натуру зерна, его форму и выполненность, массу 1000 зерен, а также содержание в зерне сырого протеина, клейковины и крахмала методом ИК-спектроскопии [1]. Взаимосвязи между изученными показателями оценили с помощью парного и множественного корреляционного анализа, позволившего оценить достоверность и сопряженность количественных признаков озимого тритикале.

Результаты исследований и их обсуждение. Многолетние полевые наблюдения за озимым тритикале показали, что колошение культуры в центральном регионе Беларуси в зависимости от погодных условий может начинаться с первых дней третьей декады мая вплоть до середины первой декады июня. К началу фазы колошения (стадия 51 ВВСН или VII этап органогенеза) завершается дифференциация всех элементов колоса, происходит их интенсивный рост и созревание генеративных органов, которые к VIII этапу приобретают типичные видовые (сортовые) признаки. Полное выколашивание наиболее скороспелых форм озимого тритикале приходится на 4-е сутки от его начала, позднеспелых – на 8-е сутки.

В 2017 г. начало фазы колошения изученных образцов озимого тритикале приходилось на период с 28 мая по 3 июня, а ее продолжительность составляла от 6 до 8 суток (таблица 1). В 2018 г. повышенная температура воздуха во время активной вегетации растений в апреле и мае способствовала раннему (19-25 мая) колошению и сокращению продолжительности фазы на 1-2 сут. Следует отметить, что между сроками начала колошения в указанные годы наблюдения существовала тесная достоверная зависимость ($r = 0,849^{**}$), что свидетельствовало о генетической детерминации признака.

Наличие существенной дифференциации внутри анализируемой выборки по срокам колошения ($V = 51,89\%$) позволило отнести образцы *Устье*, *Заречье*, *Атлет-17*, *Жемчуг* и *ИЗС 1* к раннеспелой группе; *Прометей*, *Импульс*, *Юбилей*, *ИЗС 2* и *ИЗС 4* – к позднеспелой. Разница между ними составляла от 3 до 6 суток в зависимости от генотипа и года наблюдения. Продолжительность фазы колошения, в отличие от сроков, характеризовалась низкой генотипической изменчивостью ($V = 6,08\%$) и отсутствием достоверной взаимосвязи между годами наблюдения ($r = 0,132$). Наиболее устойчивыми к воздействию средового фактора оказались сорт *Динамо* и сортообразец *Гродно* – продолжительность их колошения составляла 6 суток независимо от года.

Как показали обширные исследования, проводимые на сортах озимой пшеницы, между ранним выколашиванием и урожайностью существовала положительная взаимосвязь [2]. Аналогичные результаты были получены нами при изучении образцов озимого тритикале в питомнике конкурсного сортоиспытания: ранние сроки колошения способствовали более эффективной реализации потенциала продуктивности генотипа, особенно на интенсивном фоне

Таблица 1 – Характеристика фазы колошения образцов озимого тритикале

Образец	Фаза колошения			
	Стадия 51 ВВСН		Продолжительность, сут	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Динамо - контроль	31.05.	22.05.	6	6
Прометей	03.06.	24.05.	7	6
Импульс	01.06.	25.05.	8	6
Амулет	01.06.	22.05.	7	6
Благо-16	31.05.	21.05.	7	5
Ковчег	30.05.	21.05.	8	6
Березино	30.05.	22.05.	7	6
Устье	28.05.	20.05.	7	6
Заречье	28.05.	20.05.	7	5
Атлет-17	28.05.	20.05.	8	6
Жемчуг	28.05.	19.05.	7	5
Юбилей	01.06.	25.05.	8	6
Гродно	31.05.	25.05.	6	6
ИЗС 1	28.05.	20.05.	7	6
ИЗС 2	01.06.	25.05.	8	6
ИЗС 4	02.06.	25.05.	7	6
Дон 3434/09	30.05.	21.05.	7	6
Границы выборки	28.05.–03.06.	19.05.–25.05.	6–8	5-6

возделывания [6]. Для изученных сортов и сортообразцов тритикале эта тенденция также имела место, но не носила достоверного характера.

Морфометрические показатели озимого тритикале характеризовались низкой генотипической изменчивостью, за исключением признака «тип куста» (таблица 2). Образцы *Амулет*, *Березино*, *Устье*, *Заречье*, *ИЗС 1* и *Дон 3434/09* обладали более прямостоячей формой куста (3-4 балла), образцы *Импульс*, *Юбилей* и *Гродно* – стелющейся (7-8 баллов). Следует отметить, что прямостоячий тип куста, как показали наблюдения за образцами озимого тритикале, обеспечивал большую устойчивость к снежной плесени и достоверно лучшие показатели перезимовки, что давало им некоторое преимущество при реализации потенциала продуктивности [6]. Для анализируемой выборки образцов тритикале взаимосвязь между типом куста и урожайностью также прослеживалась, но носила недостоверный характер ($r = -0,249$).

Высота образцов озимого тритикале варьировала от 90 до 119 см. В соответствии со шкалой классификатора *Triticale* [7], образцы *Ковчег*, *Юбилей*, *Гродно*, *ИЗС 4* и *Дон 3434/09* относились к категории низкорослых (< 101 см), остальные характеризовались средней высотой растения. По количеству продуктивных стеблей, приходящихся на квадратный метр, все изученные образцы тритикале принадлежали к группе со средним (450-650 шт./м²) количеством колосьев. Сортообразцы *ИЗС 1*, *ИЗС 2* и *ИЗС 4*, переданные в 2018 г. в Государственную инспекцию по испытанию и охране сортов растений Республики Беларусь, характеризовались наиболее плотным стеблестоем.

Таблица 2 – Морфометрические показатели образцов озимого тритикале (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Тип куста, балл	Высота растения, см	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Флаговый лист	
				длина, см	ширина, мм
Динамо - контроль	5	114	511	15,0	11,9
Прометей	6	114	482	14,1	11,5
Импульс	8	108	593	13,4	12,5
Амулет	4	119	498	15,0	12,6
Благо-16	6	115	501	14,6	12,4
Ковчег	5	94	573	17,8	15,0
Березино	4	116	545	14,8	11,6
Устье	4	110	537	16,8	13,1
Заречье	4	111	554	15,8	12,5
Атлет-17	5	113	528	15,7	11,5
Жемчуг	5	115	555	18,3	14,0
Юбилей	7	99	530	14,7	12,3
Гродно	8	96	513	13,4	13,3
ИЗС 1	3	113	612	15,7	12,9
ИЗС 2	6	102	613	16,0	13,5
ИЗС 4	6	90	623	13,6	11,6
Дон 3434/09	4	90	597	16,4	13,7
Среднее	5,3±0,4	107±2	551±11	15,4±0,3	12,7±0,2
Границы изменчивости	3–8	90–119	482–623	13,4–18,3	11,5–15,0
Коэффициент вариации, %	27,34	9,00	8,05	9,29	7,74

Значения показателя «длина флагового листа» свидетельствовали о том, что образцы озимого тритикале относились к коротколиственным (< 17,5 см). Исключение составили образцы *Ковчег* и *Жемчуг*, созданные с использованием сорго веничного (*Andropogon sorghum* Brot.): длина их листовой пластинки относилась к средней категории. Ширина флагового листа у всех образцов тритикале классифицировалась как узкая (13-17 мм) и очень узкая (< 13 мм).

Анализ биометрических параметров главного колоса образцов озимого тритикале, как и в случае с морфометрическими показателями, выявил их невысокую генотипическую изменчивость за исключением длины остей (таблица 3).

В целом по выборке главный колос изученных образцов характеризовался, в соответствии со шкалой классификатора *Triticale*, средней длиной, остями средней длины, средним количеством колосков, высоким количеством зерен и средней массой зерна. Исключение составили образцы с короткими – *Амулет* (16,3) и длинными (53,1 мм) остями – *Дон 3434/09*; с высоким количеством колосков – *Импульс* (28,6) и *Благо-16* (28,3 шт.) и средним количеством зерен – *ИЗС 4* (44,2), *Дон 3434/09* (43,3) и *Прометей* (42,6 шт.).

Выполненность зерна тритикале за последние годы заметно повысилась, хотя полностью избавиться от шероховатой поверхности не удалось, что под-

Таблица 3 – Биометрические параметры главного колоса образцов озимого тритикале (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Длина		Количество, шт.		Масса зерна, г
	колоса, см	остей, мм	колосков	зерен	
Динамо - контроль	9,7	47,3	27,8	52,5	2,05
Прометей	9,4	44,5	26,6	42,6	2,19
Импульс	9,3	29,5	28,6	46,9	2,28
Амулет	10,1	16,3	27,5	47,5	2,46
Благо-16	9,1	37,8	28,3	51,4	2,46
Ковчег	10,3	42,8	24,1	46,2	2,12
Березино	9,7	36,8	26,3	48,5	2,20
Устье	10,5	44,7	26,6	48,3	2,46
Заречье	9,3	40,2	25,8	51,1	2,39
Атлет-17	10,1	34,8	27,3	50,9	2,32
Жемчуг	10,7	46,6	24,9	46,5	2,32
Юбилей	10,8	40,3	26,5	47,2	2,24
Гродно	9,2	45,0	26,0	49,6	2,64
ИЗС 1	10,5	41,7	26,8	49,3	2,44
ИЗС 2	10,3	25,4	27,8	49,3	2,25
ИЗС 4	9,0	43,9	25,2	44,2	2,12
Дон 3434/09	9,5	53,1	23,7	43,3	2,63
Среднее	9,9±0,1	39,5±2,2	26,5±0,3	48,0±0,7	2,33±0,04
Границы изменчивости	9,0–10,8	16,3–53,1	23,7–28,6	42,6–52,5	2,05–2,64
Коэффициент вариации, %	6,05	22,71	5,29	5,93	7,38

тверждается на примере изученных сортов и сортообразцов. Поверхность зерна лучших из них – *Прометей*, *Импульс*, *Благо-16*, *Устье*, *Заречье* – занимала по этому показателю промежуточное положение между «слабо сморщенной» и «гладкой матовой поверхностью» (таблица 4). Что касается формы зерновки, то сорта озимого тритикале *Динамо*, *Прометей*, *Березино* и *Атлет-17* характеризовались удлинённой формой (7 баллов), сорт *Заречье* и сортообразец *Гродно* – более округлой (4 балла). Несмотря на высокий уровень генотипической изменчивости этих морфологических признаков, многолетние исследования не выявили среди образцов озимого тритикале, тестируемых в селекционных питомниках и имеющих производственный потенциал, генотипов с шаровидной формой зерновки и (или) гладкой поверхностью (1 и 7 баллов соответственно).

Натура зерна изучаемых образцов озимого тритикале составила в среднем по выборке 725 г/л, масса 1000 зерен – 47,7 г, что свидетельствовало о достаточно хорошем уровне выполненности зерна изученных образцов озимого тритикале. Максимальные значения натуры принадлежали сортам и сортообразцам *Импульс*, *Прометей*, *Дон 3434/09*, *Устье* и *Атлет-17*. Пограничные значения показателя «масса тысячи зерен» принадлежали контрольному сорту *Динамо* (41,4) и образцу российской селекции *Дон 3434/09* (58,4 г). Несмотря на существенную разницу массы тысячи зерен, указанные образцы характеризовались

Таблица 4 – Морфологические и технологические показатели образцов озимого тритикале (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Зерновка, балл		Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г
	форма	поверхность		
Динамо – контроль	7	3	733	41,4
Прометей	7	4	748	50,9
Импульс	5	4	753	48,2
Амулет	6	2	718	47,8
Благо-16	5	4	728	47,8
Ковчег	5	3	685	45,4
Березино	7	2	738	47,6
Устье	6	4	740	47,9
Заречье	4	4	723	44,1
Атлет-17	7	3	740	46,9
Жемчуг	5	3	698	49,1
Юбилей	6	3	725	46,6
Гродно	4	3	708	49,7
ИЗС 1	6	3	720	47,8
ИЗС 2	6	3	720	44,7
ИЗС 4	6	3	703	46,1
Дон 3434/09	6	3	745	58,4
Среднее	5,7±0,2	3,2±0,2	725±4	47,7±0,9
Границы изменчивости	4–7	2–4	685–753	41,4–58,4
Коэффициент вариации, %	16,83	20,02	2,59	7,46

близкими и достаточно высокими значениями натуры зерна – 733 и 745 г/л соответственно.

В связи с тем, что анализируемая выборка включала сорта и перспективные сортообразцы озимого тритикале, прошедшие длительный этап селекционного тестирования и адаптивного улучшения, их урожайность находилась на высоком уровне и составила в среднем за 2 года 74,3 ц/га на фоне низкой генотипической изменчивости (таблица 5). Максимальные значения показателя принадлежали сортообразцу *ИЗС 1* и сорту *Березино* – 83,3 и 80,5 ц/га соответственно. При этом в 2017 г., более благоприятном для реализации потенциала продуктивности, урожайность озимого тритикале была выше, в зависимости от генотипа, на 20-40% по сравнению с 2018 г.

Жаркая сухая погода летних месяцев 2018 г., оказавшая негативное влияние на урожайность анализируемых образцов, благоприятствовала накоплению сырого протеина и особенно клейковины в зерне тритикале. Так, если в 2017 г. среднее значение этих показателей составило 10,3 и 7,5% соответственно, то в 2018 г. содержание сырого протеина увеличилось до 12,3, сырой клейковины – 19,7%. В итоге в среднем по выборке за 2 года наблюдения содержание сырого протеина в зерне тритикале составило 11,3, сырой клейковины – 13,6 и сырого крахмала – 72,8%. Максимальными значениями сырого протеина характеризовались образцы *Импульс*, *Атлет-17* и *Динамо*; сырой клейковины – *Атлет-17*, *Импульс* и *Заречье*; сырого крахмала – *ИЗС 4*, *Заречье* и *ИЗС 1*. Генотипическая

Таблица 5 – Урожайность и физико-химический состав семян образцов озимого тритикале (среднее за 2017-2018 гг.)

Образец	Урожайность, ц/га	Сырой протеин, %	Сырая клейковина, %	Сырой крахмал, %
Динамо - контроль	71,2	12,0	13,9	72,1
Прометей	73,4	11,8	12,9	71,9
Импульс	73,5	12,1	16,7	72,7
Амулет	69,5	11,2	14,2	72,1
Благо-16	76,6	11,6	14,2	72,7
Ковчег	70,3	10,8	11,5	72,5
Березино	80,5	11,8	15,3	71,4
Устье	75,0	10,9	10,1	73,1
Заречье	75,7	11,1	16,1	73,7
Атлет-17	71,0	12,1	19,7	71,3
Жемчуг	69,1	10,9	13,1	72,9
Юбилей	76,5	11,6	11,6	73,2
Гродно	73,1	10,5	11,0	72,2
ИЗС 1	83,3	10,3	11,8	73,7
ИЗС 2	76,7	11,4	10,6	73,2
ИЗС 4	72,6	10,0	13,0	74,6
Дон 3434/09	75,2	11,6	15,9	73,7
Среднее	74,3±0,9	11,3±0,2	13,6±0,6	72,8±0,2
Границы изменчивости	69,1–83,3	10,0–12,1	10,1–19,7	71,3–74,6
Коэффициент вариации, %	5,11	5,65	18,61	1,22

* – В пересчете на абсолютно сухое вещество.

изменчивость показателя «содержание крахмала» в зерне озимого тритикале традиционно находилась на самом низком уровне в отличие от значительной вариации показателя «содержание клейковины».

Корреляционный анализ взаимосвязей между изученными количественными показателями образцов озимого тритикале выявил нескольких достоверных зависимостей, представленных в таблице 6, наряду с взаимосвязями средней силы ($r > 0,3$), представляющими интерес для оценки степени их взаимного влияния.

Из представленных достоверных коэффициентов парной корреляции можно сделать вывод о том, что скороспелые образцы озимого тритикале отличались от позднеспелых более прямостоячим типом куста, сочетавшимся с более длинными флаговыми листьями. При этом длина листовой пластинки положительно коррелировала с ее шириной. Более высокорослые генотипы формировали меньшее количество продуктивных стеблей на единицу площади. Удлиненная форма зерновки тритикале способствовала достижению более высоких значений показателя «натура зерна».

Ни один из изученных показателей по результатам двухлетних исследований не оказал достоверного индивидуального влияния на урожайность сортов и сортообразцов озимого тритикале. Как показали результаты множественного

Таблица 6 – Корреляционный анализ взаимосвязей между количественными признаками образцов озимого тритикале ($n=17$, среднее за 2017-2018 гг.)

Коррелирующие признаки	Коэффициент корреляции
<i>Парный корреляционный анализ (r)</i>	
Начало фазы колошения – тип куста	0,716**
– высота растения	-0,356
Тип куста – высота растения	-0,338
– длина флагового листа	-0,572*
Длина флагового листа – ширина	0,679**
Высота растения – количество продуктивных стеблей	-0,523*
Форма зерновки – натура зерна	0,483*
– сырой протеин	0,425
Поверхность зерновки – натура зерна	0,337
Урожайность – количество продуктивных стеблей	0,309
– натура зерна	0,302
<i>Множественный корреляционный анализ (R)</i>	
Урожайность – сроки и продолжительность фазы колошения, тип куста, высота растения, количество продуктивных стеблей, длина и ширина флагового листа	0,610
Урожайность – длина главного колоса, длина остей, количество колосков и зерен, масса зерна	0,324
Урожайность – \square (12 факторов)	0,861

* – Достоверно при P_{05} ; ** – при P_{01} .

корреляционного анализа, совокупное влияние морфофизиологических и биометрических параметров определяло уровень продуктивности образцов на 74,1% ($R = 0,861$). Вклад в урожайность вегетативной компоненты растения составил 37,2, генеративной (главный колос) – 10,5; при этом синергизм обеих компонент находился на достаточно высоком уровне – 26,4%.

Заключение

Морфометрический и физико-химический анализ сортов и сортообразцов озимого тритикале выявил низкую изменчивость большинства из изученных показателей, что свидетельствовало о высокой степени однородности внутренней генотипической среды образцов и нормы их реакции на воздействие внешних факторов. Значительная дифференциация генотипов проявлялась при изучении таких признаков, как сроки колошения, тип куста, длина остей главного колоса, форма и поверхность зерна, а также содержание в нем сырой клейковины. Индивидуального достоверного влияния на урожайность изученные показатели не оказали, но их совокупный вклад в формирование потенциала продуктивности имел большое значение. Изменения уровня урожайности анализируемых сортов и сортообразцов озимого тритикале на 74,1% определялись изменениями изученных количественных признаков.

Литература

1. 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.
2. *Грабовец, А.И.* Озимая пшеница: монография / А.И. Грабовец, М.А. Фоменко; под ред. А.И. Грабовца. – Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «Юг», 2007. – 600 с.
3. *Шишлова, Н.П.* Микрографический анализ теста из муки озимого тритикале / Н.П. Шишлова // Физиология растений и генетика. – 2016. – Т. 48, № 6. – С. 488-497.
4. *Шишлова, Н. П.* Технологические и физико-химические показатели озимого тритикале в сравнении с мягкой пшеницей / Н. П. Шишлова, В. Н. Буштевич, В. Н. Безлюдный // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 3 (106). – С. 10-14.
5. *Шишлова, Н.П.* Характеристика хлебопекарного потенциала озимого тритикале по результатам лабораторной выпечки / Н.П. Шишлова, В.Н. Буштевич [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: Сб. науч. тр. – 2017. – Вып. 53. – С. 181-189.
6. *Шишлова, Н.П.* Физиолого-биохимические основы продуктивности и качества тритикале: монография / Н.П. Шишлова. – Минск: Беларус. навука, 2018. – 201 с.
7. *Klasifikator x Triticale Müntzing.* – Praha: [б. и.], 1981. – 33 p.
8. *Rudnicki, F.* Breeding progress of winter triticale in years 1982-2012: I. Yield and some of grain characteristics / F. Rudnicki // Biuletyn IHAR. – 2014. – N 273. – P. 17-33.
9. *Rudnicki, F.* Breeding progress of winter triticale in years 1982-2012: II. Resistance to biotic and abiotic stresses / F. Rudnicki // Ibid. – 2014. – N 273. – P. 35-53.

RELATIONSHIP BETWEEN MORPHO-PHYSIOLOGICAL CHARACTERS, BIOMETRICAL PARAMETERS, YIELD AND QUALITY OF WINTER TRITICALE GRAIN

N.P. Shishlova, V.N. Bushtevich, V.N. Bezludny

The paper presents the results of the analysis of morpho-physiological and physical-chemical indicators of 17 varieties and prospective variety accessions of winter triticale for 2017-2018. The assessment of genotypic variance of quantitative characters has identified a great differentiation of accessions in respect of the period of ear formation, type of tuft, awn length, grain form and surface, and crude gluten content. The rate of coherence of indicators and their contribution to the formation of winter triticale yield have been evaluated with the use of correlation analysis.

УДК 581.2+577.21

УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ PR-БЕЛКОВ И УСТОЙЧИВОСТЬ К ПАТОГЕНАМ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

М.С. Радюк¹, канд. биол. наук, Е.В. Вязов¹, канд. биол. наук, С.И. Гордей², канд. биол. наук, И.В. Сацюк², канд. с.-х. наук, Н.В. Шалыго¹, доктор биол. наук, член-корр. НАН Беларуси

¹*Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси*

²*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»*

(Поступила 01.03.2019)

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

Аннотация. *В проростках селекционных сортов озимой пшеницы с различной устойчивостью к патогенам изучен конститутивный уровень экспрессии генов PR-белков: тауматин-подобного белка (TLP), пероксидазы III (TaPero), хитиназы (Chitin) и β -1,3-глюканазы (Glucan). Выявлен сортотип (CW), который характеризовался повышенной*

устойчивостью к мучнистой росе и септориозу листьев, что было обусловлено высокими уровнями экспрессии генов *TLP*, *Glucan*, *TaPero* и *Chitin*. Сортообразец *CW* характеризуется также высокой урожайностью и передан в Госсортоиспытание РБ в качестве нового сорта с названием НПЦ5.

Введение. В климатических условиях Беларуси наиболее проблемными заболеваниями озимой пшеницы все чаще становятся мучнистая роса и септориоз листьев. Известно, что в ответ на грибковую инфекцию в растениях увеличивается экспрессия многих генов, в том числе генов, кодирующих белки, связанные с патогенезом – pathogenesis-related proteins (PR-белки) [1]. Наши исследования, выполненные на ячмене, показали, что существует прямая связь между содержанием PR-белков (тионинов), а также способностью растений к их накоплению и устойчивостью проростков ячменя к заражению патогенами. При этом выявленная зависимость характеризовалась сортоспецифичностью [2].

К настоящему времени насчитывают 18 семейств PR-белков, различающихся по структуре и функциям [1]. В озимой пшенице обнаружены PR-белки, важнейшими из которых являются: тауматин-подобные белки (PR-5), лизирующие споры грибов [3, 4]; пероксидаза III (PR-9), способствующая укреплению клеточных стенок [5]; хитиназы (PR-3, PR-4, PR-8, PR-11), гидролизующие хитин грибов [6, 7]; β -1-3 глюканаза (PR-2), расщепляющая глюканы грибов [6, 8]; ингибиторы протеиназ (PR-6), способные эффективно подавлять активность протеиназ грибов и насекомых [9]; оксалатоксидаза или гермин (PR-16), который может генерировать пероксид водорода и тем самым участвовать в защите растений от патогенов [10], а также липид-переносящий белок (PR-14), увеличивающий проницаемость плазматических мембран грибов [11].

Устойчивость озимой пшеницы к мучнистой росе в значительной степени определяется экспрессией генов тауматин-подобного белка [4] и пероксидазы III [12]. В пользу этого свидетельствуют также наши данные, представленные в работах [13, 14]. Устойчивость озимой пшеницы к септориозу согласно литературным данным формируется хитиназой и глюконазой [7, 8], что также согласуется с нашими данными [14].

Целью настоящей работы является анализ уровней экспрессии генов PR-белков для выявления перспективных селекционных сортообразцов с повышенной устойчивостью к патогенам (мучнистой росе и септориозу листьев).

Объекты и методы исследования. Объектом исследования были проростки озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта *Элегия* (стандарт) и 11 селекционных сортообразцов (ЭW, KW, CW, ПСИ17№6, ПСИ17№11, ПСИ17№27, ПСИ17№34, ПСИ16№2, ПСИ17№3, ПСИ16№6, ПСИ16№12). Проростки выращивали при температуре 22 °С в режиме 10 ч темноты и 14 ч света, используя люминесцентные лампы ЛД-40, 130 мкМ·м⁻²·с⁻¹. Закладка полевых опытов проводилась 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 рН почвы 5,86-6,2. Обеспеченность микроэлементами составила: Са (1282 мг), Mg (272 мг), В (0,51 мг), Cu (1,6 мг), Zn (2,1 мг). Предшественник –

озимый рапс на зерно. Обработка почвы, посев и уход за посевами осуществлялись в соответствии с агротехникой, принятой для возделывания озимой пшеницы в Беларуси.

Для определения уровня экспрессии генов, кодирующих PR-белки, из листьев 7-дневных проростков озимой пшеницы выделяли общую РНК с помощью реагента TRIzolTM (AppliChem, Германия) по протоколу фирмы. Для получения кДНК на матрице РНК использовали реакцию обратной транскрипции. Реакцию проводили по стандартному протоколу фирмы с помощью набора реагентов RevertAidTM H Minus First Strand DNA Synthesis Kit (Thermo Scientific, Литва). Расчет и дизайн праймеров проводили в программе Vector NTI, используя базу данных Nucleotide (NCBI). Праймеры для гена-нормализатора *18SrRNA* взяты из литературного источника [15]. Олигонуклеотидные праймеры (таблица 1) были синтезированы в Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси. Условия амплификации для праймеров были подобраны экспериментально и представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Нуклеотидная последовательность прямых (F) и обратных (R) праймеров и размер специфичных им продуктов амплификации

PR-белок	Гены	Нуклеотидная последовательность, 5'-3'	Продукт, п.н.
Хитиназа	<i>Chitin</i>	F-TAAGACGGCGTTGTGGTTCT	152
		R-GCCCACCGTTGATGATGTTG	
β-1-3 глюконаза	<i>Glucan</i>	F-TGCTTCCATGTTGCCGTTG	151
		R-GTTGATGCCCTTGGACCTGT	
Тауматин-подобный белок	<i>TLP</i>	F-GCACCCAGGACTTCTACGAC	190
		R-GGGCAGAAGGTGATCTGGTA	
Пероксидаза III	<i>TaPero</i>	F-CGTCTGTTTTGCTGTCTGGC	170
		R-GAGGGCTACAACGGAGTCAC	
18S рибосом. РНК	<i>18SrRNA</i>	F-ATGATAACTCGACGGATCGC	149
		R-CTTGGATGTGGTAGCCGTTT	

Таблица 2 – Условия ПЦП-анализа с праймерами для PR-белков и гена-нормализатора *18SrRNA*

Гены	Температура отжига праймеров	Количество циклов ПЦП	Концентрация праймеров
<i>Tlp</i>	62,0	40	10 пмоль
<i>TaPero</i>	56,0	40	10 пмоль
<i>Chitin</i>	56,5	40	10 пмоль
<i>Glucan</i>	59,7	40	10 пмоль
<i>18SrRNA</i>	55,0	30	5 пмоль

ПЦП проводили в режиме реального времени с использованием термоциклера C1000 Touch Thermal Cycler с оптическим реакционным модулем CFX96, Bio-Rad Laboratories. Реакционная смесь ПЦП содержала 5,0 мкл SsoAdvancedTM

Universal SYBR Green Supermix (BioRad), 10 пмоль праймеров, 0,7 мкл кДНК и воду свободную от нуклеаз до суммарного объема 10 мкл. Реакцию проводили согласно протоколу: предварительная денатурация – при 98 °С, 30 с; плавление – при 98 °С, 15 с; отжиг – при 55-65 °С, 30-40 циклов. Уровни экспрессии генов PR-белков нормализовали по экспрессии гена-нормализатора *18SrRNA*. В качестве стандарта (1,0) брали экспрессию PR-белков в проростках сорта *Элегия*.

В работе представлены данные трех независимых опытов со статистической обработкой результатов в программе SigmaPlot 12.5.

Результаты и их обсуждение. В проростках селекционных сортообразцов озимой пшеницы проведен сопоставительный анализ уровней экспрессии генов *Tlp*, *TaPero*, *Glucan*, *Chitin* и устойчивости растений к мучнистой росе и септориозу листьев. Используемые в работе селекционные сортообразцы делили на несколько групп. В первую группу вошли проростки образцов, которые при выращивании в полевых условиях имели признаки поражения мучнистой росой: ПСИ16№2 и ПСИ17№3 с баллом пораженности мучнистой росой равным 3 по шкале Саари и Прескотта (чем меньше балл, тем больше устойчивость растений к заболеванию). В эту группу входил и сорт *Элегия* (стандарт), пораженность которого мучнистой росой составила 3 балла. Ко второй группе были отнесены сортообразцы с баллом пораженности мучнистой росой 0 и 1: CW, ПСИ17№6, ПСИ17№11, ПСИ17№27, ПСИ17№34, ПСИ16№6, ПСИ16№12. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Как видно из представленных данных, практически все изученные сортообразцы отличались от контроля (сорт *Элегия*) повышенным конститутивным уровнем экспрессии как генов *Tlp* и *TaPero*, формирующих устойчивость растений к мучнистой росе [4, 12], так и генов *Glucan* и *Chitin*, формирующих устойчивость растений к септориозу листьев [7, 8]. Наиболее высокие конститутивные уровни экспрессии генов *Tlp*, *TaPero* зарегистрированы для сортообразцов CW и ПСИ16№6, которые имели низкие баллы пораженности мучнистой росой – 0 и 1 соответственно. Так, конститутивный уровень экспрессии генов *Tlp* и *TaPero* превышал стандарт в 26 и 8 раз (CW) и в 40 и 82 раза (ПСИ16№6) соответственно. При этом сортообразец CW, наряду с отсутствием признаков заболевания мучнистой росой имел более высокую урожайность при использовании как обычной, так и интенсивной технологий выращивания по сравнению с сортообразцом ПСИ16№6. Обращают на себя внимание также образцы ПСИ17№11 и ПСИ17№34. Они не поражались в полевых условиях мучнистой росой. Конститутивный уровень экспрессии гена *Tlp* в них превышал стандарт в 14 и 10 раз, возрастание экспрессии гена *TaPero* было менее выражено и превышало стандарт только в 4 и 6 раз соответственно. Кроме того, по урожайности сортообразцы ПСИ17№11 и ПСИ17№34 уступали образцу CW (см. таблицу 3). Следует отметить, что сортообразцы с поражением в полевых условиях мучнистой росой, равным 3 балла, имели практически на порядок более низкий конститутивный уровень экспрессии гена *Tlp* и *TaPero*.

Наиболее высоким конститутивным уровнем экспрессии гена *Glucan* характеризовались сортообразцы CW, ПСИ17№11, ПСИ17№34 и особенно ПСИ16№6 (превышение над стандартом составило 22, 17 и 150 раз соответ-

Таблица 3 – Относительные уровни экспрессии генов *Tpr*, *TaPero*, *Glucan* и *Chitin* в 7-дневных проростках селекционных сортов озимой пшеницы, балл пораженности мухнистой росой и урожайность селекционных сортовозобразцов озимой пшеницы, выращенных по обычной и интенсивной технологиям

Сортообразец	Уровни экспрессии генов, отн. ед.				Балл пораженности мухнистой росой	Урожайность, ц/г	
	<i>Tpr</i>	<i>TaPero</i>	<i>Glucan</i>	<i>Chitin</i>		Обычная технология	Интенсивная технология
Элегия	1,0±0,1	1,0±0,5	1,0±0,6	1,0±0,5	3	56,9	60,6
ПСИ16№2	5,5±0,4	4,5±2,2	10,9±2,6	1,7±0,3	3	64,1	71,9
ПСИ16№3	3,3±0,2	3,6±1,5	4,7±1,9	0,1±0,2	3	62,0	70,2
СВ	26,1±7,3	8,0±2,6	21,5±8,0	4,5±2,1	0	73,5	77,9
ПСИ17№6	3,4±0,1	3,5±0,2	3,5±0,3	4,1±0,4	1	76,1	81,6
ПСИ17№11	13,7±2,7	4,3±0,8	16,7±3,8	3,5±1,4	0	70,1	74,5
ПСИ17№27	4,2±0,3	2,0±0,4	7,8±2,3	1,9±0,6	1	80,1	74,0
ПСИ17№34	10,4±1,5	6,0±0,8	17,5±7,0	1,9±0,6	0	79,7	76,8
ПСИ16№6	39,9±9,2	81,5±26	149,7±48,0	6,4±1,9	1	64,5	75,3
ПСИ16№12	0,5±0,9	2,0±0,9	11,7±7,2	1,4±0,7	0	54,7	70,1

За 1,0 принят уровень экспрессии генов в проростках сорта Элегия

венно). Различия в конститутивных уровнях экспрессии гена *Chitin* между сортообразцами было менее выражено. В этом случае превышение над стандартом составило 5, 4, 2 и 6 раз для сортообразцов CW, ПСИ17№11, ПСИ17№34 и ПСИ16№6 соответственно. Изученные в этих группах сортообразцы не были ранжированы по устойчивости к септориозу листьев. Основываясь на полученных нами результатах и литературных данных, мы могли предположить, что образцы CW, ПСИ17№11, ПСИ17№34 и ПСИ16№6 будут иметь повышенную устойчивость к септориозу листьев, а для сопоставительного анализа устойчивости растений к септориозу и конститутивных уровней экспрессии генов, кодирующих PR-белки (*Tlp*, *TaPero*, *Glucan* и *Chitin*), мы изучили группу сортообразцов озимой пшеницы с различной устойчивостью к септориозу. В эту группу вошли сорт *Элегия* (контроль, балл пораженности септориозом 4) и 3 сортообразца – KW, ЭW и CW с баллом пораженности септориозом листьев 6, 2 и 0 соответственно (таблица 4).

Таблица 4 – Экспрессии генов *Tlp*, *TaPero*, *Glucan*, *Chitin* и балл пораженности септориозом сортообразцов озимой пшеницы

Сортообразец	Конститутивные уровни экспрессии генов, отн. ед.				Балл пораженности септориозом
	<i>Tlp</i>	<i>TaPero</i>	<i>Glucan</i>	<i>Chitin</i>	
Элегия	1,0±0,1	1,0±0,5	1,0±0,6	1,0±0,5	4
KW	6,1±2,2	2,3±1,1	3,0±1,6	2,3±1,4	6
ЭW	9,9±2,7	3,0±1,1	9,3±4,0	0,7±0,2	2
CW	26,1±7,3	8,0±2,6	21,5±8,0	4,5±2,1	0

Оказалось, что у устойчивого к септориозу листьев сортообразца CW конститутивный уровень экспрессии генов *Glucan* и *Chitin* значительно превышал данный показатель, зарегистрированный у подверженных этому заболеванию сортообразцов. Полученные результаты указывают на то, что одновременный анализ 4-х генов – *Tlp*, *TaPero*, *Glucan* и *Chitin* может выявить селекционный материал с повышенной устойчивостью к мучнистой росе и септориозу. При этом у устойчивых сортообразцов конститутивный уровень экспрессии гена *Tlp* должен превышать стандарт не менее чем в 10 раз, гена *TaPero* – в 8 раз, гена *Glucan* – в 16 раз и гена *Chitin* – в 4 раза.

Выводы

1. Среди изученных сортообразцов, представленных в таблицах 3 и 4, образец CW (селекционный номер 1363) имеет высокий уровень экспрессии генов *Tlp*, *TaPero*, *Chitin* и *Glucan*, что сочетается с его повышенной устойчивостью к мучнистой росе и септориозу листьев, а также высокой урожайностью (на 16,6-17,3 ц/га выше контрольного сорта *Элегия*). Этот сортообразец передан в Госортоспытание РБ в качестве сорта под названием НПСЦ 5.

2. Полученные результаты указывают на то, что конститутивные уровни экспрессии генов *Tlp*, *TaPero*, *Chitin* и *Glucan*, кодирующих PR-белки – тауматин-подобный белок, пероксидазу III, хитиназу и глюконазу, могут быть ис-

пользованы в селекционном процессе для выявления сортообразцов, устойчивых к мучнистой росе и септориозу листьев соответственно. В принципе для выявления селекционного материала с повышенной устойчивостью к указанным выше патогенам достаточно провести анализ конститутивных уровней экспрессии только 2-х генов – *Tlr* и *Glucan*, экспрессия которых у устойчивых растений значительно выше по сравнению с неустойчивыми к мучнистой росе и септориозу образцами.

Литература

1. Van Loon, L.C. Significance of inducible defense-related proteins in infected plants / L.C. van Loon, M. Rep, C.M. Pieterse // *Annual Review of Phytopathology*. – 2006. – V. 44. – P. 135–162.
2. Влияние неблагоприятных факторов внешней среды на содержание антимикробного белка тионина в проростках ячменя (*Hordeum vulgare*) / М.С. Радюк [и др.] // *Весті НАН Беларусі. Сер.біял. навук.* – 2014. – № 4. – С. 50–53.
3. Abscisic acid- and cold-induced thaumatin-like protein in winter wheat has an antifungal activity against snow mould, *Microdochium nivale* / C. Kuwabara[et al.] // *Physiologia Plantarum*. – 2002. – V. 115, N. 1. – P. 101–110.
4. Transformation of wheat thaumatin-like protein gene and analysis of reactions to powdery mildew and fusarium head blight in transgenic plants / L. P. Xing [et al.] // *ActaAgronomicaSinica*. – 2008. – V. 34, N 3. – P. 349–354.
5. Simonetti, E. Chromosomal location of four genes encoding Class III peroxidases in wheat. / E.Simonetti, E. Alba, A. Delibes // *FYTON*. – 2012. – V. 81. – P. 139–142.
6. Disease development and PR-protein activity in wheat (*Triticum aestivum*) seedlings treated with plant extracts prior to leaf rust (*Puccinia triticina*) infection. /M.E. Cawood [et al.] // *Crop Protection*. – 2010. – V. 29, N 11. – P. 1311–1319.
7. Structural and functional analysis of chitinase gene family in wheat (*Triticum aestivum*) /A.K. Mishra [et al] // *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*. – 2015. – V. 52, №2. – P. 169–78.
8. Effects of β -1,3-glucan from *Septoria tritici* on structural defence responses in wheat / N. P. Shetty [et al] // *Journal Experimental Botany*. – 2009. – V. 60, N. 15. – P. 4287–4300.
9. Валуева, Т.А. Роль ингибиторов протеаз в защите растений / Т.А. Валуева, В.В.Мосолов // *Успехи биологической химии*. – 2002. – Т. 42. – С. 193–216.
10. Schweizer, P. Transient expression of members of the germin-like gene family in epidermal cells of wheat confers disease resistance / P. Schweizer, A. Christoffel, R. Dudler // *Plant Journal*. – 1999. – V. 20. – N 5. – P. 541–552.
11. Assessment of lipid transfer Protein (LTP1) gene in wheat *Powdery mildew* resistance /C.-S. Meng [et al]// *Agricultural Sciences in China*. – 2006. – V. 5, N 4. – P. 241–249.
12. Profiling of wheat class III peroxidase genes derived from powdery mildew-attacked epidermis reveals distinct sequence-associated expression patterns/ G. Liu [et al]// *Mol Plant Microbe Interact*. – 2005– V. 18, N 7. – P. 730–741.
13. Радюк, М.С. Тауматин-подобный белок и оксалактоксидаза как маркеры устойчивости озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к мучнистой росе (*Erysiphe graminis*) / М.С. Радюк [и др.] // *Доклады НАН Беларуси*. – 2017. – Т. 61. № 6. – С. 73–79.
14. Радюк, М.С. Особенности экспрессии генов PR-белков в проростках озимой пшеницы с различной устойчивостью к патогенам / М.С. Радюк [и др.] // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: тез. докл. Межд. науч.конф.; 27–29 июня 2018 г., г. Минск. – Минск, 2018. – С. 36.
15. Expression analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) during salinity stress / H. Walia [et al]// *Functional & Integrative Genomics*. – 2006. – V. 6, N 2. – P. 143–156.

EXPRESSION LEVEL OF PR-PROTEIN GENES AND RESISTANCE TO PATHOGENS OF SELECTION VARIETIES OF WINTER WHEAT

M.S. Radyuk, Y.V. Viazau, S.I. Hardzei, I.V. Satsyuk, N.V. Shalygo

Studied is the constitutive level of PR-protein genes expression of winter wheat selection varieties with different resistance to pathogens: thaumatin-like protein (TLP), class III peroxidase (TaPero), chitinase (Chitin) and β -1,3-glucanase (Glucan). Identified is the variety CW with a high resistance to powdery mildew and speckled leaf blotch, what is caused by high expression levels of TLP, Glucan, TaPero and Chitin genes. The variety CW is also characterized by high yield and has been submitted to the State Variety Trial of Belarus as a new variety called NPC 5.

УДК 633.112.9«321»:631[526.32+527]

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО

С.И. Гриб, доктор с.-х. наук, В.Н. Бушневич, Е.И. Позняк,

кандидаты с.-х. наук, Н.М. Петренко, В.А. Бандарчук

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила в печать 19.02.2019)

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

***Аннотация.** Приведены результаты изучения 39 сортов коллекции тритикале озимого различного эколого-географического происхождения по основным хозяйственно полезным признакам, с целью определения критериев отбора источников в селекции на высокую продуктивность при помощи кластерного анализа данных посредством метода Варда с использованием программы Statistica 10.*

Введение. Отличительной особенностью тритикале является то, что по сравнению с другими зерновыми культурами оно наиболее полно проявляет свои преимущества на широко распространенных в Беларуси, характеризующихся относительно невысоким плодородием, легких дерново-подзолистых почвах [1].

В связи с тем, что тритикале занимает определенную нишу в структуре посевных площадей, перед селекционерами стоит важнейшая задача: стабилизация высокого генетического потенциала урожайности, повышение экологической адаптивности и устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды, а также улучшение качества зерна и хлебопекарных свойств культуры [1, 2].

В настоящее время селекционеры в своей работе для комплексной оценки гибридного материала стали применять методы многомерной статистики [3]. Наиболее перспективным из них является кластерный анализ, который уже нашел свое широкое применение во многих отраслях науки и техники. Главной целью данного метода является нахождение групп схожих объектов в выборке для содержательного описания различий между ними [4].

Методика и условия проведения исследований. Оценку 39 наиболее продуктивных сортов коллекции тритикале озимого из Беларуси, России, Украины и Польши проводили в 2016-2018 гг. в РУП «Научно-практический

центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,1-2,3%, P_2O_5 – 260-300 мг/кг, K_2O – 200-300 мг/кг почвы, pH_{KCl} 5,8-6,2. Предшественник – овес.

Фосфорные и калийные удобрения ($P_{80}K_{120}$) вносили осенью под вспашку. Гербицид Алистер гранд (0,8 л/га) применяли осенью. Подкормку азотными удобрениями в дозе 60 кг/га д.в. проводили весной после возобновления вегетации, а также 30 кг/га д.в. в фазу начала выхода в трубку.

Площадь делянки 5 м², норма высева – 450 зерен на 1 м². Посев проводили в оптимальные для культуры сроки.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались по температурному режиму и влагообеспеченности, что позволило более объективно оценить сорта коллекции тритикале озимого.

Исследования проводили путем закладки полевых опытов по методике ВИР [5].

Для ранжирования образцов по комплексу основных хозяйственно полезных признаков (урожайность зерна, высота растений (ВР), продуктивная кустистость (ПК), число зерен в колосе (ЧЗК), масса 1000 зерен (М1000), содержание белка в зерне) применяли кластерный анализ посредством метода Варда с использованием программы Statistica 10.

Результаты исследований и их обсуждение. В последнее время для разделения изучаемых сортообразцов коллекции растений на группы, сходные по комплексу признаков, применяют метод кластерного анализа данных. Для кластеризации используют метод Варда с евклидовым расстоянием в качестве меры сходства. Результат кластеризации в этом случае представляется в виде дендрограммы [6, 7].

При изучении хозяйственно полезных признаков наиболее высокоурожайных сортов тритикале озимого из Беларуси, России, Украины и Польши было установлено, что они существенно различались (таблица) и при помощи кластерного анализа данных были разделены на 8 кластеров (рисунок). При этом для сортов, объединенных в кластеры, был характерен схожий набор признаков внутри каждого из них. Вертикальные линии на рисунке показывают кластеры, а горизонтальные линии показывают расстояния, при которых кластеры объединены.

Отдельный кластер образовал сорт *Пансуэвське* (UKR), который существенно отличался от всех остальных анализируемых сортов. Он характеризовался самой низкой выраженностью всех изучаемых хозяйственно полезных признаков, за исключением содержания белка в зерне и был самым высокорослым (таблица).

Во второй кластер вошло 5 белорусских сортов (*Благо*, *Импульс*, *Жемчуг*, *Жниво* и *Прометей*), которые в среднем характеризовались самой высокой урожайностью зерна (80,9 ц/га), высоким числом зерен в колосе (47,0 шт.) и массой 1000 зерен (48,0 г), высотой растений около 124 см и содержанием белка в зерне 10,4%.

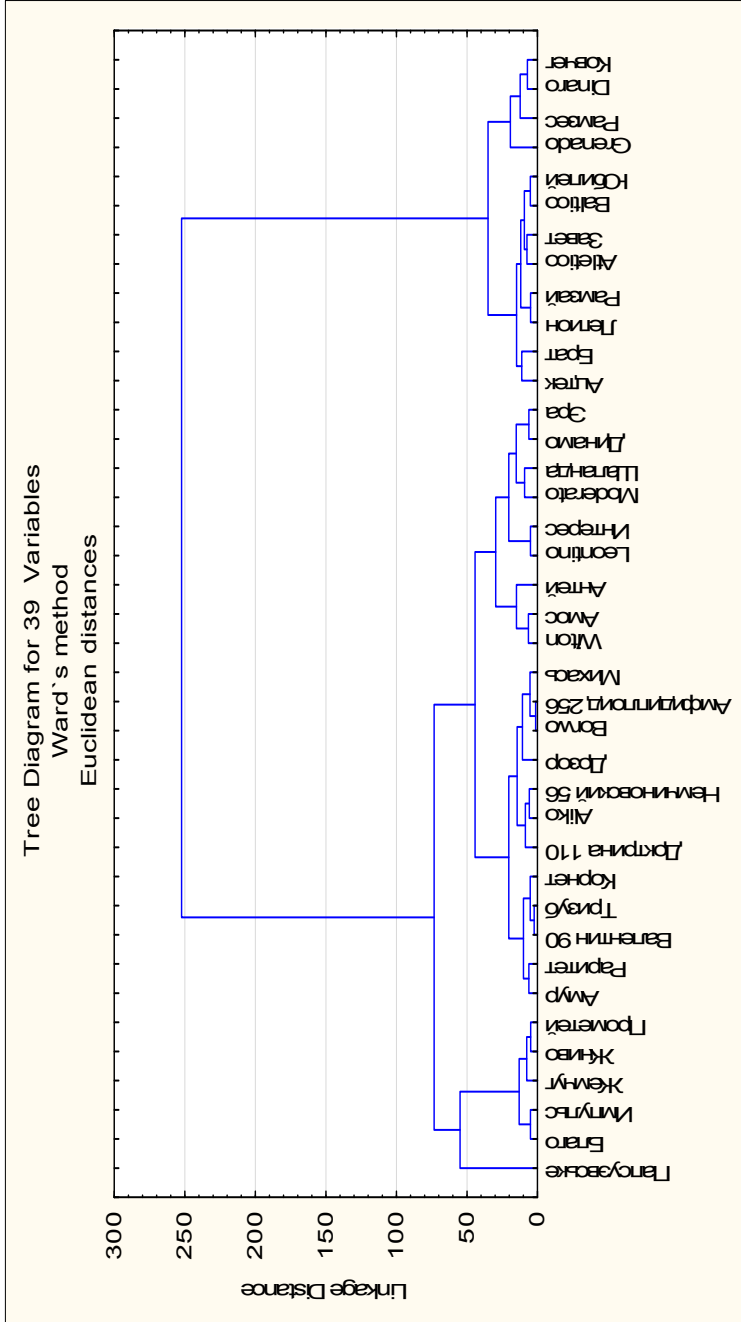


Рисунок – Дендрограмма кластеризации образцов коллекции тритикале озимого по основным хозяйственно ценным признакам

Таблица – Сравнительная характеристика основных хозяйственно полезных признаков сортов коллекции тритикале озимого по кластерам (среднее за 2016-2018 гг.)

Кластер	Сорт	Урожайность, ц/га	Продуктивная кустистость	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Высота растений см	Содержание белка, %
1	Папсуэвське	55,1	1,5	38,4	45,5	146	12,2
2	Благо	81,7	1,8	52,0	49,4	124	10,6
	Импульс	79,9	1,5	50,9	47,2	120	10,4
	Жемчуг	83,1	1,8	44,4	47,0	120	9,9
	Жниво	79,4	2,2	42,1	47,9	124	10,7
	Прометей	80,4	1,8	45,6	48,7	127	10,4
	среднее	80,9	1,8	47,0	48,0	123	10,4
3	Амур	67,3	1,9	39,9	49,6	117	9,9
	Раритет	67,6	1,9	39,1	46,1	112	10,2
	Валентин 90	66,9	1,5	42,2	52,1	116	10,7
	Тризуб	67,3	1,3	42,6	53,8	114	9,6
	Корнет	68,9	1,5	43,9	52	111	10,5
	среднее	67,6	1,6	41,5	50,7	114	10,2
4	Доктрина 110	65,0	1,6	42,6	49,3	125	11,5
	Aliko	61,7	1,7	40,6	47,5	117	10,2
	Немчиновский 56	62,2	1,6	45,2	47,3	120	11,8
	Дозор	62,6	1,6	48,3	53,6	112	10,7
	Vogwo	65,2	1,7	45,7	48,4	118	11,2
	Амфидиплоид 256	65,7	1,7	46,1	47,9	117	11,4
	среднее	64,2	1,6	45,2	48,8	118	11,0
5	Witon	67,1	1,6	46,8	39,5	108	10,1
	Амос	68,6	1,6	45,1	45,2	106	10,1
	Антей	62,8	1,7	56,8	43,5	110	11,4
	среднее	66,2	1,6	49,6	42,7	108	10,5
6	Leontino	75,3	1,7	50,1	49,4	111	10,5
	Интерес	72,8	1,5	48,2	51,9	114	11,2
	Moderato	70,1	1,8	51,3	43,0	125	10,7
	Шаланда	66,5	1,6	53,1	50,6	122	10,6
	Динамо	76,2	1,5	48,1	41,9	120	10,6
	Эра	73,8	1,5	52,1	41,8	116	9,9
	среднее	72,5	1,6	50,5	46,4	118	10,6
7	Ацтек	71,4	1,5	40,2	52,3	102	11,4
	Брат	64,5	1,4	44,0	57,3	96	10,8
	Легион	60,7	1,5	41,2	48,3	92	11,4
	Рамзай	64,7	1,5	43,8	49,1	92	11,9
	Aletico	70,1	1,5	38,8	46,9	94	9,3
	Завет	69,3	1,6	45,0	50,7	94	10,9
	Baltico	64,7	1,4	42,8	47,1	97	10,9
	Юбилей	67,7	1,6	45,2	46,6	100	9,6
	среднее	66,6	1,5	42,6	49,8	96	10,8

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Grenado	77,5	1,9	46,5	41,2	87	8,8
	Рамзес	58,4	1,5	39,7	46,2	81	11,6
	Dinaro	66,8	1,7	39,9	41,7	89	9,3
	Ковчег	65	2,0	44,5	44,9	85	10,2
	среднее	66,9	1,8	42,7	43,5	85,5	10,0

Третий кластер объединил 5 сортов (*Амур*, *Раритет* и *Тризуб* (UKR), *Валентин 90* и *Корнет* (RUS)). Данным сортам тритикале озимого в среднем была присуща самая высокая масса 1000 зерен (50,7 г) при урожайности зерна 67,6 ц/га и высоте растений 114 см (таблица). Однако у данной группы сортов число зерен в колосе было средним (41,5 шт.).

Сорта четвертого кластера (*Доктрина 110* и *Амфидиплоид 256* (UKR), *Алико* и *Borwo* (POL), *Михась* (BLR), *Немчиновский 56* и *Дозор* (RUS)) в среднем характеризовались более низкими показателями урожайности (64,2 ц/га), высотой растений 118 см, средним числом зерен в колосе (45,2 шт.), высокой массой 1000 зерен (48,8 г) и содержанием белка в зерне 11%.

В пятый кластер вошло 3 сорта (*Witon* (POL), *Амос* (UKR), *Антей* (RUS)), сочетающих урожайность зерна на уровне 66,2 ц/га, высоту растений около 108 см., высокое число зерен в колосе (49,6 шт.), среднюю массу 1000 зерен (42,7 г) и содержание белка в зерне 10,5%.

Шестой кластер объединил 6 сортов (*Leontino* и *Moderato* (POL), *Интерес* и *Шаланда* (UKR), контроль *Динамо* и *Эра* (BLR)). Их отличительной особенностью была высокая урожайность зерна (72,5 ц/га) и самое высокое число зерен в колосе (50,5 шт.) по сравнению с сортами других кластеров. Высота растений в среднем составила 118 см, а содержание белка в зерне было на уровне 10,5%.

Сорта седьмого кластера (*Ацтек*, *Брат*, *Легион*, *Рамзай* и *Завет* (RUS), *Юбилей* (BLR), *Atletico* и *Baltico* (POL)) в среднем сочетали в себе урожайность зерна на уровне 66,6 ц/га, высокую массу 1000 зерен (49,8 г), среднее число зерен в колосе (42,6 шт.), высоту растений около 96 см и содержание белка в зерне 10,8%.

В восьмой кластер вошло 4 сорта (*Grenado* и *Dinaro* (POL), *Рамзес* (RUS), *Ковчег* (BLR) с высотой растений в среднем около 86 см., имеющие урожайность зерна (66,9 ц/га), число зерен в колосе (42,7 шт.) на уровне сортов седьмого кластера, однако уступающие им по массе 1000 зерен (43,5 г) и содержанию белка в зерне (10,0%).

Выводы

1. При помощи «метода кластерного анализа данных» удалось сгруппировать 39 различных сортов коллекции тритикале озимого по комплексу признаков, выделить наиболее близкие сорта и объединить их в 8 кластеров.

2. В практической селекции для повышения урожайности сортов при подборе родительских компонентов целесообразно использовать:

– сорта (*Благо, Импульс, Жемчуг, Жниво* и *Прометей* (BLR)), относящиеся ко второму кластеру, как наиболее урожайные (около 80 ц/га), с высокой массой 1000 зерен (более 47,0 г);

– *Амур, Паритет* и *Тризуб* (UKR), *Валентин 90* и *Корнет* (RUS), относящиеся к третьему кластеру, как урожайные (более 65,0 ц/га) сорта, с высокой массой 1000 зерен (более 47,0 г);

– сорта (*Leontino* и *Moderato* (POL), *Шаланда* и *Интерес* (UKR), контроль *Динамо* и *Эра* (BLR)), относящиеся к шестому кластеру, в качестве источников высокой урожайности (более 70,0 ц/га) и высокого числа зерен в колосе (более 47,0 г);

– *Ацтек, Брат, Легион, Рамзай* и *Завет* (RUS), *Юбилей* (BLR), *Atletico* и *Baltico* (POL), относящиеся к седьмому кластеру, как сорта с высокой массой 1000 зерен (более 47,0 г) и высотой растений около 100 см;

– сорта (*Grenado* и *Dinaro* (POL), *Рамзес* (RUS) и *Ковчег* (BLR)), относящиеся к восьмому кластеру, в качестве источников короткостебельности.

Литература

1. Гриб, С.И. Результаты и актуальные направления селекции тритикале в Беларуси / С.И. Гриб // Весті НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2003. – №1. – С. 29-33.

2. Булавина, Т.М. Оптимизация приемов возделывания тритикале в Беларуси / Т.М. Булавина. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 224 с.

3. Корнева, С.П. Использование кластерного анализа для повышения эффективности отборов в расщепляющихся гибридных популяциях / С.П. Ермакова // Молодые ученые Сибирского региона – аграрной науке : матер. межрегион. конф., Омск, 15-16 апреля, 2004. / Сиб. науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва; под общ. ред. Б.Н. Дорожкина. – Омск, 2004. – Вып. 4. – С. 127-131.

4. Кластерный анализ [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа : <http://finance.ru/foreks/klasternyiy-analiz-eto.html>. – Дата доступа : 02.12.2018.

5. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. – Л. : ВИР, 1981. – 27 с.

6. Ефимов, В.М. Многомерный анализ биологических данных / В.М. Ефимов, В.Ю. Ковалева. – СПб.: ВИЗР, 2008. – 98 с.

7. Факторный дискриминантный и кластерный анализ / Д.О. Ким Дж.-О., [и др.] ; под общ. ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

USE OF CLUSTER ANALYSIS FOR THE ASSESSMENT OF THE COLLECTION OF WINTER TRITICALE VARIETIES

S.I.Grib, V.N. Bushtevich, E.N. Poznyk, N.M. Petrenko, V.A. Bandarchuk

The article deals with the results of the study of 39 winter triticale collection varieties of different ecological and geographical origin in respect of the main economic characters in order to identify the criteria for sources selection in high yield breeding with the use of data cluster analysis by Warda method and Statistica 10 program.

ТРАНСГРЕССИЯ ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДОВ ОВСА ПОСЕВНОГО В СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ

*А.А. Трушко, магистр с.-х. наук, С.П. Халецкий, кандидат с.-х. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 04.04.2019)*

Рецензент: канд. биол. наук С.И. Гордей

***Аннотация.** Представлены результаты трансгрессивной изменчивости по высоте растений и структуре урожайности (масса 1000 зерен, количество зерен с метелки, продуктивная кустистость) при использовании метода полных диаллельных скрещиваний. Определены наиболее перспективные сорта для селекции на урожайность.*

Введение. В современной селекции основным методом создания исходного материала с широким размахом изменчивости остается внутривидовая (межсортовая) и межвидовая гибридизация, которая предполагает естественное или искусственное соединение двух генотипически различных гамет.

В селекционной практике закономерности формообразовательных процессов количественных признаков в гибридных популяциях самоопыляющихся культур методически определены как трансгрессия признаков. Термином «трансгрессия» определяется явление, при котором во втором и последующих поколениях гибридов появляются фенотипы с определенными признаками, выраженными сильнее, чем у равноценных между собой по этому признаку родительских форм [1, 2].

Н.И. Вавилов считал, что трансгрессивная изменчивость – одно из важнейших явлений, в результате которого возникают растения с новой величиной хозяйственно полезных признаков и свойств, которые имеют огромное значение в практической селекции [3].

Проявление большинства количественных признаков у растений детерминируется полимерно [4], проявление трансгрессивных форм обуславливают различные взаимодействия генов: комплементарное, рецессивное и эпистатическое [5]. Известно, что положительная трансгрессия чаще проявляется при удачном подборе родительских пар для скрещивания. Для создания нового сорта необходимо получить оригинальную гибридную комбинацию, которая проявит аддитивные эффекты положительно действующих генов.

Величина генетического разнообразия в гибридных популяциях может быть высокой по причине выщепления большего числа худших форм, существенно отклоняющихся от популяционной средней. Важно не само по себе генетическое разнообразие, важна его селекционная ценность [6].

Общеизвестно, что большинство отбираемых в F_2 так называемых трансгрессий является гетерозиготами или положительными модификациями. Поэтому вопрос времени проведения отбора ценных трансгрессивных форм в гибридных популяциях остается дискуссионным. Ряд авторов считает, что отбор положительных трансгрессий из второго поколения носит случайный характер и его целесообразно проводить начиная с третьего поколения [7, 8].

П.П. Лукьяненко и другие считали, что завершение расщепления гибридов в ранних поколениях тесно связано с их селекционной ценностью и определяли одной из наиболее важных задач выделения трансгрессивных гомозигот [9, 10].

Объекты и методы исследования. С целью изучения трансгрессивной изменчивости и создания селекционно-ценного материала нами была проведена межсортовая гибридизация овса по схеме прямых диаллельных скрещиваний.

Объектом исследований послужили 5 сортов овса посевного и созданные на их основе 20 гибридных комбинаций второго поколения (F_2). Три сорта селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»: сорт контроль *Zanavet*, новые высокопродуктивные сорта *Фристайл* и *Мурт*, а также сорта зарубежной селекции *Bingo* (Польша) и *Ivory* (Германия). Максимальная урожайность сортов *Фристайл*, *Мурт*, *Zanavet* и *Бинго* в государственном сортоиспытании достигала 94,1-98,4 ц/га, сорта *Ivory* – 85,5 ц/га. Исследуемые сорта включены в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в Республике Беларусь, сорт *Фристайл* включен в Госреестр Российской Федерации. Сорта *Ivory*, *Zanavet* и *Фристайл* включены в перечень сортов зерновых, крупяных и зернобобовых растений, имеющих наиболее ценные показатели качества по Республике Беларусь.

Исследования проводили в 2015-2016 гг. на полях «Пережное» и в лабораторных условиях. Почва дерново-подзолистая, легкосуглинистая, развивающаяся на средних супесях, подстилаемых с глубины 0,7 м суглинистой морской. Агрохимические показатели пахотного горизонта: pH (в KCl) – 5,8-6,2, P_2O_5 – 260-340 мг/кг, K_2O – 200-300 мг/кг почвы, гумус – 2,1-2,3%.

Предшественник – гречиха. Обработка почвы – зяблевая вспашка осенью и двукратная культивация перед посевом. Удобрения: фосфорно-калийные из расчета P_2O_5 – 80 кг/га и K_2O – 100 кг/га д.в. вносили осенью, азотные в дозе N_{80} весной под предпосевную культивацию.

Гибридизацию проводили путем кастрации цветков материнского растения с последующим опылением «твел» методом через 2-3 дня, опыляли по 5-7 метелок. Изоляция растений обеспечивалась бумажными пакетами. Завязываемость гибридных зерен составила в среднем 40%. Было получено 20 гибридных комбинаций по диаллельной схеме скрещивания. Зимой 2015-2016 гг. часть гибридных зерен была размножена в условиях фитотронно-тепличного комплекса для получения гибридов второго поколения.

Изучение гибридов и родительских форм проводили в полевых опытах в 2016 г. по схеме P_1 , F_2 , P_2 методом рендомизированных блоков в 4-х кратной повторности. Высевали по 20 зерен в рядок (F_2 высевали 4 рядка), площадь питания одного растения 100 см² (5x20). По краям рядков и вместо растений, которые не взошли, высевали проросшие семена яровой пшеницы.

Уборку растений проводили в фазу полной спелости. Все растения овса убирали с корнями, кроме двух крайних. Анализ элементов структуры урожая осуществляли по 5 признакам у 100 растений каждой повторности. Оценка гибридного материала F_2 по трансгрессии признаков рассчитывалась по методике количественного учета этого явления.

При проведении исследований метеорологические условия 2016 г. были неблагоприятными для роста и развития полученных гибридов овса и оказали существенное влияние на продуктивность растений. С самого начала вегетации и практически до фазы налива зерна растения овса находились в сильном водном дефиците. Так, в мае и июне, когда активно закладываются продуктивные стебли и число зерен в метелке, выпадало около половины месячных норм осадков. В первую и третью декаду июня в 2016 г. отмечалась жесткая засуха. Прошедшие в июле дожди в незначительной степени улучшили общее состояние посевов, но вызвали появление подгона у растений.

Результаты исследования и их обсуждение. Степень и частота трансгрессии у овса посевного изучалась в гибридных популяциях второго поколения по следующим признакам: «масса зерна с растения», «масса 1000 зерен», «продуктивная кустистость», «число зерен в метелке», «высота растений (высокие)», «высота растений (низкие)» (таблица 1). В результате проведенных исследований выделены трансгрессивные формы гибридов F_2 овса посевного по всем комбинациям скрещиваний.

При изучении высоты растений созданных гибридов овса расчет показателей трансгрессивной изменчивости проводился по высоким и низким растениям. По признаку «высота растений (высокие)» выделено 28 трансгрессивных растений, степень трансгрессии варьировала от -5,5 до 9,3% при частоте трансгрессии от 2,1 до 42,6%, по признаку «высота растения (низкие)» соответственно $T_c = -8,2-21,2\%$ и $T_q = 1,7-13,3\%$.

По признаку «высота растений (высокие)» выделился гибрид *Ivory* × *Zanavet* $T_c = 9,3\%$ и $T_q = 42,4\%$, у которого отмечены трансгрессии по элементам продуктивности растений: «масса 1000 зерен» $T_c = 19,6\%$ и $T_q = 6,1\%$, «число зерен в метелке» $T_c = 20,3\%$ и $T_q = 6,1\%$, «продуктивная кустистость» $T_c = 23,1\%$ и $T_q = 3,0\%$. Наибольшее число растений с высокой положительной трансгрессией по признаку «высота растений (высокие)» выявлено в комбинациях *Ivory* × *Zanavet*, *Ivory* × *Bingo* (таблица 2).

По признаку «высота растений (низкие)» отмечены гибридные комбинации с отрицательной степенью трансгрессии ($T_c = -8,2 - 21,2\%$, $T_q = 1,7-13,8\%$).

В случае с низкими растениями нас интересовала отрицательная степень трансгрессии, она присутствовала у следующих гибридных комбинаций: *Zanavet* × *Ivory*, *Mupm* × *Ivory*, *Bingo* × *Mupm* (таблица 3). Отрицательные значения по признаку «высота растения (низкие)» установлены в девяти комбинациях. Особый интерес представляют короткостебельные морфотипы *Zanavet* × *Ivory* и *Mupm* × *Ivory* с самыми низкими показателями $T_c = -8,2$ и $-8,0\%$ соответственно, которые необходимы для создания селекционного материала, устойчивого к полеганию. Гибриды *Zanavet* × *Ivory* при снижении высоты растения показывали высокие значения $T_c = 43,5\%$ и $T_q = 5,0\%$ по массе зерна с растения и по продуктивной кустистости $T_c = 24,7\%$ и $T_q = 6,7\%$. Гибриды *Mupm* × *Ivory* при низкой высоте растений (69 см) формировали трансгрессии по массе 1000 зерен $T_c = 24,5\%$, $T_q = 6,7\%$ и число зерен в метелке $T_c = 63,6\%$ и $T_q = 15,0\%$.

Таблица 1 – Трансгрессия учитываемых признаков у растений гибридов F₂ овса посевного

Комбинация скрещивания	Высота растений (высокие)		Высота растений (низкие)		Масса зерен с растения		Масса 1000 зерен		Продуктивная кустистость		Число зерен в метелке	
	T _c , %	T _ч , %	T _c , %	T _ч , %	T _c , %	T _ч , %	T _c , %	T _ч , %	T _c , %	T _ч , %	T _c , %	T _ч , %
Фристайл x Запавет	0	0	7,2	0	-36,3	0	5,7	11,1	-30,8	0	12,7	5,6
Фристайл x Мирг	0	0	21,2	0	14,7	9,3	5,0	4,6	-15,4	0	2,2	2,3
Фристайл x Ivory	-5,5	0	6,9	0	-36,5	0	27,6	53,3	-29,4	0	-10,9	2,2
Запавет x Фристайл	7,5	23,4	-1,3	2,1	-44,0	0	13,8	10,6	-29,4	0	2,9	2,1
Запавет x Мирг	0,4	3,7	-3,9	7,4	1,0	3,7	8,7	16,7	-8,3	3,7	26,7	13,0
Запавет x Ivory	1,5	6,7	-8,2	13,3	43,5	5,0	-6,4	1,7	24,7	6,7	11,4	6,7
Запавет x Bingo	3,7	14,8	-2,5	9,3	4,9	1,8	-3,9	0	-7,7	0	27,3	20,4
Мирг x Фристайл	0,7	3,8	7,4	0	-7,7	1,9	0,5	3,8	-5,6	3,8	5,3	3,8
Мирг x Запавет	4,0	12,0	-0,4	4,0	25,3	6,0	-6,9	0	-17,6	2,0	18,9	22,0
Мирг x Ivory	0	0	-8,0	11,7	-16,4	1,7	24,5	18,3	-0,1	1,7	63,6	15,0
Мирг x Bingo	6,1	28,6	1,4	2,0	4,5	4,1	-8,4	0	10,0	4,1	25,6	8,2
Ivory x Фристайл	-2,7	0	-2,0	7,5	55,4	5,0	-0,4	5,0	23,1	2,5	-0,9	5,0
Ivory x Запавет	9,3	42,4	-1,4	4,5	-5,7	1,5	19,6	6,1	23,1	3,0	20,3	6,1
Ivory x Мирг	3,7	13,6	4,6	0	56,5	8,5	0,6	6,8	41,7	10,2	14,0	6,8
Ivory x Bingo	8,7	42,6	6,3	0	1,3	3,3	1,3	6,6	-9,1	1,6	7,1	4,9
Bingo x Фристайл	2,0	7,0	3,0	1,7	14,6	3,5	-4,2	1,7	22,2	31,6	-14,8	0
Bingo x Запавет	5,4	18,0	12,5	0	1,0	2,0	6,6	14,0	0	2,0	4,9	2,0
Bingo x Мирг	-1,2	2,1	-6,5	8,3	-15,9	2,1	-6,2	0	-15,4	0	9,4	8,3
Bingo x Ivory	1,9	5,0	7,3	0	-7,7	1,7	-6,6	1,7	0	1,7	0,1	1,7

Таблица 2 – Трансгрессия признака высота растений (высокие)

Комбинации скрещивания	Наибольшая высота растения, см		Трансгрессия, %	
	родителей	гибрида	степень	частота
Ivory x Запавет	82,3	90,0	9,3	42,4
Ivory x Bingo	84,3	91,7	8,7	42,6

Таблица 3 – Трансгрессия признака высота растений (низкие)

Комбинации скрещивания	Наименьшая высота растения, см		Трансгрессия, %	
	родителей	гибрида	степень	частота
Запавет x Ivory	77,3	71,0	-8,2	13,3
Мирт x Ivory	75,0	69,0	-8,0	11,7
Bingo x Мирт	71,3	66,7	-6,5	8,3

При оценке проявления трансгрессии по признаку «масса зерна с растения» установлено 60% гибридных комбинаций от общего числа с отрицательной и невысокой положительной степенью трансгрессии. Среди выделенных гибридных комбинаций степень трансгрессии изменялась от -43,9 % до 56,5%, при частоте трансгрессии 1,5-15,0%. Самая высокая масса зерна с растения по степени и частоте трансгрессии выявлена у гибридов *Ivory* × *Фристайл* ($T_c=55,4\%$, $T_q=5,0\%$), *Мирт* × *Запавет* ($T_c=25,3\%$, $T_q=6,0\%$) (таблица 4).

Таблица 4 – Трансгрессия признака масса зерна с растения

Комбинации скрещивания	Наибольшая масса зерна с растения, г		Трансгрессия, %	
	родителей	гибрида	степень	частота
Ivory x Фристайл	7,3	11,3	55,4	5,0
Мирт x Запавет	8,6	10,7	25,3	6,0

Продуктивность растений – интегральный показатель, складывающийся из отдельных элементов. Поэтому важно было изучить трансгрессивную изменчивость гибридных растений не только по урожайности в целом, но и по отдельным элементам продуктивности растений.

При анализе степени и частоты трансгрессии гибридов F_2 по признаку «масса 1000 зерен» трансгрессивные формы выявлены в 11 комбинациях. Степень трансгрессии изменялась от -8,4% до 27,6% при частоте до 53,3%. В большинстве комбинаций выделены положительные трансгрессии. Следует отметить гибридные комбинации: *Запавет* × *Фристайл* $T_c=13,8\%$ и $T_q=10,6\%$; *Фристайл* × *Ivory* $T_c=27,6\%$ и $T_q=53,3\%$; *Мирт* × *Ivory* $T_c=24,5\%$ и $T_q=18,3\%$; *Ivory* × *Запавет* $T_c=19,6\%$ и $T_q=6,1\%$, с массой 41,5-57,3 г (таблица 5).

По признаку «число зерен в метелке» высокие показатели степени и частоты трансгрессии отмечены при скрещиваниях сортов: *Мирт*, *Запавет*, *Ivory*, *Bingo*. Максимального значения по признаку «число зерен в метелке» степень и частота трансгрессии достигала в таких гибридных комбинациях, как *Мирт* ×

Таблица 5 – Трансгрессия признака масса 1000 зерен

Комбинации скрещивания	Наибольшая масса 1000 зерен		Трансгрессия, %	
	родителей	гибрида	степень	частота
Мирт x Ivory	46,0	57,3	24,5	18,3
Ivory x Запавет	46,5	55,6	19,6	6,1
Фристайл x Ivory	34,6	44,2	27,6	53,3
Запавет x Фристайл	36,5	41,5	13,8	10,6

Ivory 63,6% и 15,0% соответственно; *Запавет x Мирт* $T_c=26,7\%$ и $T_q=13,0\%$; *Запавет x Bingo* $T_c=27,3\%$ и $T_q=20,4\%$; *Ivory x Запавет* $T_c=20,3\%$ и $T_q=6,1\%$ (таблица 6).

Таблица 6 – Трансгрессия признака число зерен в метелке

Комбинации скрещивания	Наибольшее число зерен в метелке, шт.		Трансгрессия, %	
	родителей	гибрида	степень	частота
Мирт x Ivory	68,5	112,0	63,6	15,0
Мирт x Bingo	70,6	88,7	25,6	8,2
Запавет x Мирт	56,2	71,2	26,7	12,9
Запавет x Bingo	61,4	78,2	27,3	20,4

Растения овса кустаня слабо. Отбор растений, имеющих три и более продуктивных стебля, является селекционно значимым. Наибольшее число растений с высокой положительной трансгрессией по признаку «продуктивная кустистость» выявлено в комбинациях *Запавет × Ivory* – $T_c=24,7\%$ и $T_q=6,7\%$, *Ivory × Фристайл* – $T_c=23,1\%$ и $T_q=2,5\%$, *Ivory × Мирт* – $T_c=41,7\%$ и $T_q=10,2\%$, *Ivory × Запавет* – $T_c=23,1\%$ и $T_q=3,0\%$ (таблица 7).

Таблица 7 – Трансгрессия признака продуктивная кустистость

Комбинации скрещивания	Наибольшее число продуктивных стеблей, шт.		Трансгрессия	
	родителей	гибрида	степень	частота
Запавет x Ivory	4,0	5,0	24,7	6,7
Ivory x Фристайл	4,3	5,3	23,1	2,5
Ivory x Мирт	4,0	5,7	41,7	10,2
Ivory x Запавет	4,3	5,3	23,1	3,0

Степень трансгрессии у данных гибридов достигала 41,7% при максимальном значении частоты трансгрессии 31,6%.

Выводы

Селекционно-генетический анализ второго поколения межсортовых гибридов овса посевного позволил выделить трансгрессии по всем исследуемым признакам и гибридным комбинациям.

По признаку «высота растений (высокие)» выделился гибрид *Ivory* x *Zanavet*, у которого формировались высокорослые трансгрессии в сочетании с трансгрессиями по другим исследуемым признакам: «масса 1000 зерен», «число зерен в метелке», «продуктивная кустистость». Наибольшее число растений с высокой положительной трансгрессией по признаку «высота растений (высокие)» (28 шт.) выявлено в комбинациях *Ivory* × *Zanavet*, *Ivory* × *Bingo*. Максимальные отрицательные значения по признаку «высота растения (низкие)» установлены у гибридов *Zanavet* x *Ivory* и *Mipt* x *Ivory*.

Самая высокая степень и частота трансгрессии выявлена у образцов *Ivory* × *Фристайл* и *Ivory* × *Mipt* по признаку «масса зерна с растения». Следует отметить гибридные комбинации по признаку «масса 1000 зерен»: *Zanavet* x *Фристайл*, *Фристайл* x *Ivory*, *Mipt* x *Ivory*, *Ivory* x *Zanavet*.

Максимального значения по признаку «число зерен в метелке» степень и частота трансгрессии достигала в таких гибридных комбинациях, как *Mipt* x *Ivory*, *Zanavet* x *Mipt*, *Zanavet* x *Bingo* и *Ivory* x *Zanavet*.

Наибольшее число растений с высокой положительной трансгрессией по признаку «продуктивная кустистость» выявлено в комбинациях *Zanavet* × *Ivory*, *Ivory* × *Фристайл*, *Ivory* × *Mipt*, *Ivory* × *Zanavet*.

Особый интерес представляют гибридные комбинации *Zanavet* x *Ivory*, *Mipt* x *Ivory*, *Ivory* x *Zanavet*, сформировавшие трансгрессивные формы по комплексу признаков продуктивности «масса зерна с растения», «масса 1000 зерен», «число зерен в метелке», «продуктивная кустистость».

Выявленные трансгрессивные формы являются ценными рекомбинантами, которые включены в селекционный процесс для создания высокопродуктивных конкурентоспособных сортов овса.

Литература

1. Мюнцинг, Г. Генетические исследования / Г. Мюнцинг; пер. с англ. Ю.С. Бочарова [и др.]. – М., 1963. – С. 56-64.
2. Воскресенская, Г.С. Трансгрессия признаков у гибридов *Brassica* и методика количественного учета этого явления / Г.С. Воскресенская, В.И. Шпот // Доклады ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1967. – №7. – С. 18-20.
3. Вавилов, Н.И. Критический обзор современного состояния генетической теории селекции растений и животных // Генетика. 1965 № 1 С. 20–40
4. Boroeyevic C. Breeding for specific adaptability input use and market needs / C. Boroeyevic // Seeds. – Rome, 1982. – P. 75-83.
5. Fasoulas, A. Principles and methods of plant breeding / A. Fasoulas // Aristotelian University of Thessaloniki. – 1980. – 10. – P. 1-117.
6. Кадыров, М.А. Селекционные аспекты формообразования при гибридизации сортов ячменя западно-европейского экотипа : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.15 / М. А. Кадыров. – Жодино, 1981. – 28 с.
7. Репьев, С.И. Принципы подбора родительских пар в трансгрессивной селекции вики посевной. / С.И. Репьев // Сб. науч. тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции / Всесоюз. НИИ. – Л., 1988. – Т. 117. – С. 69-76.
8. Баймагамбетова, К.К. Селекционно-генетические параметры трансгрессивных форм озимой пшеницы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Алмалыбак, 1989. – 23 с.
9. Лукьяненко, П.П. Избранные труды / П.П. Лукьяненко. – М.: Агрпромиздат, 1990. – 427 с.

10. Фоменко, М.А. Трансгрессивная изменчивость и продуктивность у озимой мягкой пшеницы / М.А. Фоменко, А.И. Грабовец // Вестник аграрной науки Дона. – 2012. – № 3 (19). – С.47-53.

TRANSGRESSION OF CHARACTERS OF AVENA SATIVA HYBRIDS AND BREEDING FOR PRODUCTIVITY

A.A. Trushko, S.P. Khaletsky

The paper deals with the results of transgressive variation in terms of a plant height and yield structure (weight of 1000 grains, number of grains per panicle, productive tilling capacity) with the use of a diallel crossing method. The most prospective varieties for breeding are identified.

УДК 633.14:324.631.55(476)

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ПЕНТОЗАНОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ РЖИ В СЕЛЕКЦИИ НА КАЧЕСТВО

Д.Ю. Артюх, ст. научный сотрудник, **Э.П. Урбан**, доктор с.-х. наук,
О.Н. Карпович, **Т.В. Ровдо**, научные сотрудники,
М.М. Горвая, **Ю.С. Соловей**, мл. научные сотрудники
Научно-практический Центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 26.02.2019)

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

***Аннотация.** В статье представлены результаты проведенной фенотипической оценки содержания пентозанов в зерне озимой ржи. По результатам исследований выделены перспективные генотипы-источники ценных аллелей генов высокого и низкого содержания водорастворимых пентозанов, сформированы высокопентозановая и низкопентозановая синтетические популяции с различным проявлением гетерозисного эффекта основных хозяйственно-полезных признаков качества углеводно-амилазного и белкового комплексов зерна.*

Введение. В Республике Беларусь и некоторых странах Европы (Германии, Польше, России, Дании, Украине), в так называемых странах «ржаного пояса», рожь наряду с пшеницей является ведущей продовольственной культурой. Создание сортов озимой ржи различного хозяйственного использования – приоритетная задача селекции. Главным показателем, определяющим дифференциацию направления диверсификации зерна ржи, служит его качественный состав и содержание некрахмальных полисахаридов (пентозанов). Важной особенностью зерна озимой ржи является относительно высокое содержание в нем пентозанов [1]. По отношению к воде их подразделяют на водорастворимые и водонерастворимые. Водонерастворимые пентозаны (ВНП) большей частью содержатся в оболочках клеток, а водорастворимые (ВРП) – внутри их содержимого, но более точное расположение и соотношение между ними пока не определено. Есть данные, что на долю ВРП в структуре суммарных пентозанов приходится 20-38% [2].

Целью нашей работы стало проведение фенотипической оценки содержания пентозанов в зерне ржи на гибридном уровне, а также выделение перспективных генотипов-источников ценных аллелей генов высокого и низкого содержания водорастворимых пентозанов в зерне. Многочисленными исследованиями российских и других зарубежных авторов доказано, что в зерне ржи в значительном количестве содержатся водорастворимые пентозаны, вызывающие расстройство пищеварения животных и снижающие переваримость питательных веществ [3-7]. Благодаря наличию арабиноксилановой фракции они очень гидрофильны и могут образовывать вязкие растворы [8]. Вследствие формирования стойких комплексов с белковыми веществами повышается вязкость водно-мучных суспензий и, соответственно, ржаного теста, что, несомненно, оказывает большое влияние на его физические свойства [9]. Таким образом, эти вещества являются важными при хлебопечении, так как связывают воду при замесе теста, увеличивают его вязкость и улучшают физические свойства [10], но становятся негативным фактором при наличии их в фуражном зерне ржи. Их суммарное содержание в зерне ржи варьирует от 7,0 до 13,0% [11]. Их ценным свойством является способность давать высоковязкие водные растворы, что очень важно в технологии приготовления ржаного теста [12]. Польские исследователи [13] показали наличие высокой корреляции между содержанием водорастворимых пентозанов (арабиноксиланов) и вязкостью экстракта ржи. Ими было установлено, что потенциал вязкости водного экстракта (ВВЭ) зернового шрота находится в прямой зависимости от содержания водорастворимых пентозанов в зерне ржи ($r=0,97$). Это послужило основанием для использования его в качестве косвенного показателя их количественного содержания. Вязкость водного экстракта зернового шрота стала интегральным показателем как для определения хлебопекарных качеств селекционного материала ржи, так и для выявления кормовых достоинств ее зерна, разграничивая линии ржи хлебопекарного и кормового направления [14].

Как содержание водорастворимых пентозанов, так и уровень вязкости водного экстракта, обусловлены как генотипическими [15, 16], так и средовыми факторами [17, 18]. Установлено, что фенотипическая изменчивость этого признака зависит от количества осадков, выпавших после колошения ржи (r от -0,62 до -0,76), а также от типа почвы, технологии возделывания, времени созревания урожая, условий и срока его хранения [19]. Как показали исследования российских ученых, наибольшая дифференцирующая способность проявляется в годы, когда в период налива складываются оптимальные и среднезасушливые погодные условия, которые наиболее благоприятны для селекции на этот признак [20].

Условия и методика проведения исследований. Для исследований озимой ржи по углеводно-амилазному и белковому комплексу в связи с селекцией на целевое использование привлекали межлинейные и сортолинейные гибриды F_1 , полученные на основе ряда сортов, обладающих высокой ВВЭ: гибридные (18,2-19,6 сПа) – *Плиса*, *Аскар*, *Бона*; популяционные сорта с более низким значением этого признака (13,0-15,5 сПа) – *Лота*, *Офелия*, *Паўлінка*. В создании межлинейных гибридов участвовали зимостойкие и высокопродуктивные

линии, созданные в лаборатории озимой ржи в течение 2005-2014 гг. В качестве стандарта использовался популяционный сорт *Офелия*. Посев проводили в оптимальные сроки (15-25 сентября), площадь деланки – 6 м², норма высева – 300 зерен/м², повторность 3-х кратная. Подкормка азотными удобрениями проведена в 2 этапа: 60 кг в стадию ДК 25 и 30 кг в стадию ДК 31-32.

Наблюдения, оценки и учеты проводили в соответствии с «Методическими указаниями по селекции и семеноводству озимой ржи» (1980). Биохимический анализ зерна проведен в отделе биохимии и биотехнологии. Зерно было оценено по числу падения (ЧП), вязкости водорастворимых экстрактов (ВВЭ), скорости клейстеризации крахмала (Vg), содержанию белка. Число падения измеряли по методике Хагберга-Пертена на автоматическом приборе фирмы «Falling Number 1500» (Швеция), а максимальную вязкость суспензии оценивали по высоте амилограммы (h) на амилографе фирмы «Brabender-E» (Германия). Содержание белка в зерне определяли методом Къельдаля, натуру зерна микропуркой на 100 мл зерна, вязкость водорастворимых экстрактов (ВВЭ) – косвенно по результатам амилитической оценки образцов. Размол зерна проводился на лабораторной мельнице «Perten ML2100» (Швеция). Отбор низкопентозановых форм по тонкопокровности зерна проводился визуально (оболочки низкопентозановых форм выглядят более гладкими, прозрачными, стекловидными).

Математическая обработка результатов исследований проведена методами дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (1979).

Метеорологические условия в осенне-весенний период за годы исследований (2016-2018 гг.) в целом были благоприятными для роста и развития растений, способствовали дружному кущению в сентябре-октябре и отличной закалке в ноябре. Достаточное количество снега в зимний период способствовало хорошему возобновлению вегетации. Хорошие условия перезимовки не повлияли на распространение снежной плесени на посевах. Температура воздуха в период возобновления вегетации была выше нормы. За годы исследований наблюдалось превышение среднесуточных температур воздуха среднесноголетнего уровня на фоне дефицита влаги во второй, третьей декадах апреля и первой, второй декадах мая. Массовое цветение и созревание озимой ржи проходило в благоприятных условиях, что положительно отразилось на фертильности колоса и массе 1000 зерен, тогда как в июле наблюдалось интенсивное выпадение осадков и небольшое превышение температуры воздуха среднесноголетних значений, что приводило к незначительному полеганию посевов и частичному прорастанию зерна в колосе.

Согласно исследованиям российских авторов, в жаркие и сухие годы высокие оценки вязкости водного экстракта не соответствуют объективной реальности качества. В избыточно влажные годы действие ферментов, присутствующих во ржи, ухудшает вязкие свойства пентозанов, уменьшает их способность к набуханию и водоудерживающую способность. Поэтому наиболее благоприятны для селекции на ВВЭ годы, когда в период налива складываются оптимальные и средне засушливые метеоусловия [20].

Результаты исследований и их обсуждение. Как уже было отмечено выше, основные направления селекции по улучшению кормовых и хлебопекарных

качеств зерна ржи не совпадают. Поэтому *цель работы* состояла в визуальном отборе низкопентозановых форм по тонкопокрывности зерна межлинейных и сортолинейных гибридов озимой ржи с проверкой соответствия качества биохимическими анализами, выделение форм озимой ржи с контрастной (высокой и низкой) вязкостью водорастворимых экстрактов (ВВЭ) для целевой селекции.

Исследования, проведенные нами ранее, позволили выделить сорта (гибридные) как с высокой ВВЭ (18,2-19,6 сПа) – *Плиса, Аскари, Бона*, так и с более низким значением этого признака (13,0-15,5 сПа) – *Лота, Офелия, Паўлінка* (популяционные). Гибридные сорта использовали в создании сортолинейных гибридов продовольственного направления, популяционные – зернофуражного направления. В создании межлинейных гибридов участвовали зимостойкие и высокопродуктивные линии, созданные в течение 2010-2014 гг.

Погодные условия осени-зимы 2016-2017 гг. были благоприятными для перезимовки. Перезимовка межлинейных гибридов F₁ находилась в пределах 82,4-95,7%. Очень высокий уровень перезимовки (свыше 90%) показали 3 межлинейных гибрида (№22, 28, 64). Развития снежной плесени не наблюдалось (балл поражения не превысил 1,0). Исключение составили гибриды №17, 31, 72 (балл поражения 2,0). Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной растений в опыте не превысило 0,5-1,5 балла.

Перезимовка сортолинейных гибридов F₁ в опыте также находилась на высоком уровне и составляла 83,5-91,0%. Поражение листовыми болезнями не превысило 0,5-1,5 балла. Три сортолинейных гибрида имели перезимовку более 90% – №15, 18, 61.

Нами были изучены хозяйственно-полезные признаки, составляющие урожайность гибридов F₁ (таблицы 1, 2). Физические показатели зерна межлинейных гибридов (масса тысячи зерен, натура зерна) были на уровне 32,8-44,1 г и 711-745 г/л, сортолинейных – 37,5-44,9 г, 682-753 г/л. Гетерозис среднего уровня по натуре зерна проявили межлинейные гибриды: №28, 37, 64, 72, 69, 72; по массе тысячи зерен: №25, 28; высокий уровень гетерозиса по данному показателю имели №37, 72, 75. Среди сортолинейных гибридов, имеющих средний уровень гетерозиса по физическим показателям зерна, следует выделить: №57, 62, 74, 80.

Урожайность межлинейных F₁ гибридов в опыте сильно варьировала и была в пределах 43,2-96,5 ц/га. Очень высокий уровень конкурсного гетерозиса по урожайности показали 5 межлинейных гибридов (124,3-142,3%), три гибрида (№51, 64, 72) проявили средний уровень гетерозиса – 102,0-117,9%, остальные межлинейные гибриды (50%) проявили отрицательный уровень гетерозиса – 63,7-92,9% и в дальнейшей селекции использоваться не будут (таблица 1).

Урожайность сортолинейных гибридов F₁ в 2017 г. также сильно варьировала – 50,8-103,6 ц/га. В таблице 2 представлены гибриды, имеющие средний (№27, 53, 57, 62, 78, 79), высокий (№15, 32, 35, 36, 38, 41, 44, 66, 74) и очень высокий (№34, 80) уровень гетерозиса. Сортолинейные гибриды №3, 19, 20, 23, 43, 58, 68 были выбракованы как низкоурожайные (до 65,0 ц/га) и как соответственно имеющие отрицательный конкурсный гетерозис – 76,6-83,9%.

Таблица 1 – Уровень конкурсного гетерозиса по урожайности и физическим качествам зерна межлинейных гибридов F₁ (2017 г.)

№ сел.	Урожайность, ц/га	Конкурсный гетерозис, %	Натура зерна, г/л	Конкурсный гетерозис, %	Масса 1000 зерен, г	Конкурсный гетерозис, %
Контроль	67,8	-	727	-	37,5	-
7	43,8	64,6	715	98,3	37,7	100,5
9	54,5	80,4	711	97,8	35,4	94,4
17	49,0	72,3	722	99,3	32,8	87,5
22	58,9	86,8	713	98,1	33,1	88,2
25	86,3	127,3	721	99,2	39,6	105,6
28	63,0	92,9	737	101,4	39,5	105,3
31	48,0	70,7	714	98,2	36,6	97,6
37	96,5	142,3	745	102,5	44,1	117,6
42	84,3	124,3	724	99,6	37,6	100
46	56,4	83,2	730	100,4	32,4	86,4
51	80,0	117,9	738	101,5	36,5	97,3
54	43,2	63,7	726	99,9	33,5	89,3
64	69,2	102,0	718	98,8	34,2	91,2
69	87,7	129,4	744	102,4	43,4	115,7
72	75,3	111,0	751	103,3	41,7	111,2
75	88,3	130,2	721	99,2	42,7	113,9

Таблица 2 – Уровень конкурсного гетерозиса по урожайности и физическим качествам зерна сортолинейных гибридов F₁ (2017 г.)

№ сел.	Урожайность, ц/га	Конкурсный гетерозис, %	Натура зерна, г/л	Конкурсный гетерозис, %	Масса 1000 зерен, г	Конкурсный гетерозис, %
Контроль	76,6	-	730	-	41,5	-
13	91,3	119,2	727	99,6	43,2	104
15	86,0	112,3	718	98,4	42,5	102,4
27	85,2	111,2	721	98,8	41,1	99
32	89,5	116,8	724	99,2	43,8	105,5
34	100,4	131,0	733	100,5	40,5	97,6
35	88,1	115,0	715	98,0	41,5	100
36	85,8	112,0	733	100,5	42,5	102,4
38	86,5	112,9	736	100,9	42,2	101,7
41	89,5	116,8	737	100,9	43,4	104,8
44	88,3	115,2	730	100	40,7	98
53	83,8	109,4	726	99,5	43,3	104,3
57	85,7	111,8	753	103,2	41,2	99,2
62	85,5	111,6	738	101,1	41,6	100
66	89,5	116,8	733	100,5	37,5	90,4
74	89,7	117,1	741	101,6	44,9	108,2
78	85,2	111,2	730	100	39,6	95,4
79	85,7	111,8	682	93,5	40,1	96,6
80	103,6	135,2	740	101,5	42,3	101,9

Высота растений гибридов в опыте составляла 108,4-175,0 см, устойчивость к полеганию – 6,0-8,0 баллов. В полевых условиях нами были визуально выделены 50 межлинейных и 20 сортолинейных гибридов с тонкопокровной оболочкой зерна (оболочка гладкая, прозрачная, стекловидная), лучшие из которых в дальнейшем были проанализированы в лаборатории биохимического анализа.

В 2018 г. были проведены фенологические наблюдения за ростом и развитием растений в питомнике испытания 64 сортолинейных и 16 межлинейных гибридов, проанализированы следующие качественные признаки: зимостойкость, устойчивость к листовым болезням, выравненность стеблестоя.

Погодные условия осенне-весеннего периода вегетации 2017-2018 гг. для перезимовки растений озимой ржи были благоприятными. Перезимовка межлинейных гибридов находилась в пределах 87,1-92,5%. Высокий уровень перезимовки (свыше 91%) показали 3 линии (№9, 37, 75). Развития снежной плесени практически не наблюдалось (поражение не превысило 1,5 балла). Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной растений в опыте не превысило 0,5-1,0 балла.

Перезимовка сортолинейных гибридов F₁ в опыте также находилась на высоком уровне и составляла 86,6-96,8%. Поражение листовыми болезнями не превысило 0,5-1,0 балла. Пять сортолинейных гибридов имели перезимовку более 95% – №40, 43, 47, 74, 79.

В отделе биохимии и биотехнологии в 2018 г. было проведено исследование белково-амилазного комплекса зерна ржи межлинейных и сортолинейных гибридов F₁ (таблица 3), выделенных нами в ходе выполнения работы.

Таблица 3 – Оценка технологических свойств зерна отобранных межлинейных и сортолинейных гибридов F₁ с различной вязкостью водного экстракта (ВВЭ) зернового шрота (2018 г.)

№ образца	ЦП, сек	Содержание протеина, %	Высота амилограммы, АУ	ВВЭ, сПа	Натура зерна, г/л	Масса 1000 зерен, г
1	2	3	4	5	6	7
Сортолинейные гибриды						
1	323	9,6	938	11,6	723	43,5
2	320	9,6	845	16,8	756	37,3
3	268	11	594	8,3	717	46,1
4	314	8,9	738	10,5	728	37,0
5	349	10,2	1026	18,0	733	44,6
6	278	11,5	619	7,8	721	45,9
8	318	10,2	940	14,1	721	42,4
10	304	10,4	751	18,0	741	39,4
11	323	11,1	792	16,9	740	45,1
13	293	9,3	825	9,0	727	42,2
14	343	10,3	1119	31,7	739	42,0
15	321	10,1	938	17,6	718	42,5

Продолжение таблицы 3

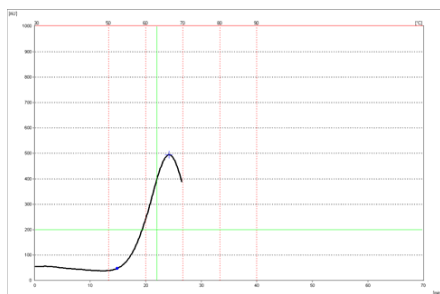
1	2	3	4	5	6	7
16	295	10,5	574	10,0	724	39,1
18	283	9,4	968	11,7	734	41,8
19	332	9,9	902	17,2	732	42,2
20	287	10,1	819	10,2	728	43,1
21	325	11,3	778	17,2	727	41,6
23	349	12,6	619	11,6	713	43,4
24	344	10,5	1080	14,0	740	41,5
26	297	9,6	737	12,5	715	39,7
27	334	9,9	929	14,5	721	41,1
29	335	9,9	990	29,0	744	39,9
30	317	10,2	1097	24,4	735	44,7
32	322	11,4	844	15,1	724	43,8
33	330	11,5	823	10,4	740	43,9
34	318	9,7	1173	22,4	733	40,5
35	270	10,7	740	11,9	715	41,5
38	321	10,1	907	15,0	736	42,2
39	329	9,9	1099	18,0	724	43,1
40	284	9,2	1017	15,0	738	42,0
41	316	9,9	1130	21,7	737	43,4
43	290	11,6	654	9,7	728	41,6
44	341	9,7	1114	23,2	730	40,7
45	260	9,9	927	12,7	743	41,9
47	276	10,6	893	19,8	715	42,3
48	300	9,9	881	12,5	734	41,2
49	285	9,5	743	12,2	716	43,8
50	327	9	984	15,1	718	42,6
52	306	9,7	887	12,4	734	42,5
53	289	8,8	887	13,7	726	43,3
55	252	10,4	613	8,5	725	42,4
56	325	10,5	812	14,4	723	41,0
57	325	9,5	887	15,6	753	41,2
58	320	10,7	670	12,5	728	41,7
59	335	10,2	768	13,4	711	44,0
60	343	9,8	1125	21,3	730	41,9
61	313	9	755	11,0	762	42,5
62	341	9,6	1095	25,1	738	41,6
63	347	10,6	970	18,5	725	40,5
65	273	9,4	699	9,9	728	37,1
66	360	9,7	1114	13,5	733	37,5
67	344	9,9	1056	19,3	761	43,6
68	349	9,2	1184	25,0	731	40,6
71	352	9,6	1087	17,4	743	44,8
73	361	9,7	1024	16,7	725	39,5

1	2	3	4	5	6	7
74	306	9	1129	19,4	741	44,9
77	361	9,8	708	12,5	740	39,3
78	360	10,2	1064	22,3	730	39,6
79	363	9,3	977	15,5	682	40,1
80	359	8,5	1167	12,6	740	42,3
Межлинейные гибриды						
9	350	10,5	1051	17,7	755	42,4
25	348	10,2	914	16,0	721	39,7
28	290	9,1	518	17,5	737	39,5
37	307	9,7	956	19,2	745	44,1
54	208	11,4	495	4,0	726	33,5
69	330	8,7	1167	28,6	744	43,4
72	355	10,3	993	15,1	751	41,7
75	376	9,2	1011	23,6	721	42,7

Физические показатели зерна межлинейных гибридов F₁ (масса тысячи зерен, натура зерна) были на уровне 33,5-44,1 г и 721-755 г/л, сортолинейных – 37,0-46,1 г, 682-762 г/л. Гетерозис среднего уровня по натуре зерна проявили межлинейные гибриды F₁: №9, 37, 69, 72; по массе тысячи зерен: №25, 28, 72; высокий уровень гетерозиса по данному показателю имели №37, 69, 75. Среди сортолинейных гибридов F₁, имеющих средний уровень гетерозиса по физическим показателям зерна, следует выделить: №57, 61, 67, 71, 74.

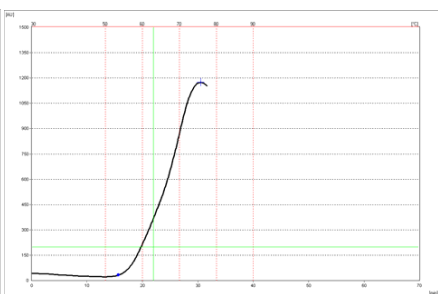
Высота амилограммы у межлинейных гибридов F₁ варьировала в пределах 495-1167AU, у сортолинейных – 574-1184AU (рисунок 1), что позволило нам выделить дивергентные по данному параметру образцы и сформировать на их основе две синтетические популяции: 1) *Синтетическая низкопентозановая популяция*, включает гибриды F₁ с низкой ВВЭ и низким ЧП – зерно таких гибридов наиболее пригодно для производства комбикормов; 2) *Синтетическая высокопентозановая популяция* включает гибриды F₁ с сильной экспрессией признаков ВВЭ и ЧП – зерно этих гибридов пригодно для выпечки качественного хлеба.

По качественным показателям зерна межлинейные гибриды F₁ наиболее сильно варьировали по вязкости водного экстракта зернового шрота (ВВЭ) – коэффициент вариации (cv=45,5%), слабое варьирование отмечено по массе тысячи зерен (cv=9,1%) и среднее по содержанию белка (cv=15,9%). На сортолинейном уровне значение вариации были – 48,4%, 7,2%, 11,1% соответственно. Признак ВВЭ положительно коррелирует с высотой амилограммы и температурой клейстеризации крахмала: на межлинейном уровне значение коэффициента корреляции (r) составило 0,89% и 0,77%, на сортолинейном уровне – 0,94% и 0,49%. Отрицательная связь отмечена между ВВЭ и массой 1000 зерен – (-0,51 и -0,31%), а также между содержанием белка и ЧП (-0,3 и -0,4) соответственно. Слабое отрицательное и недостоверное значение коэффициента корреляции



Wholemeal - Amylogram (90,0 g / 450,0 ml)
 Evaluation of sample: 227-0054
 Date: 02.04.2018 01:12
 Heating rate: 1,5 °C/min
 Moisture: 8,4 %
 Sample weight corr. to 14,0% : (84,5 g / 455,5 ml)
 Begin of gelatinization: 52,4 °C
 Gelatinization temperature: 66,3 °C
 Gelatinization maximum: 495 AU
 Rye quality

A



Wholemeal - Amylogram (90,0 g / 450,0 ml)
 Evaluation of sample: 227-0054
 Date: 02.03.2018 00:01
 Heating rate: 1,5 °C/min
 Moisture: 9,8 %
 Sample weight corr. to 14,0% : (85,8 g / 454,2 ml)
 Begin of gelatinization: 53,5 °C
 Gelatinization temperature: 75,8 °C
 Gelatinization maximum: 1173 AU
 Rye quality

Б

Рисунок 1 – Графики амилограммы ржаной муки у гибридов F₁ с дивергентным проявлением признака (2018 г.)

A – у низкопентозанового межлинейного гибрида 54;
 Б – у высокопентозанового сортолинейного гибрида 34

($r = -0,11-0,33$ %) между содержанием белка и ВВЭ указывает на возможность вести селекцию низковязких линий с повышенным содержанием белка.

В 2018 г. нами также были изучены хозяйственно-полезные признаки, составляющие урожайность гибридов F₁. Высота растений гибридов F₁ в опыте составляла 98,4-135,1 см, устойчивость к полеганию – 6,0-8,0 баллов. Физические показатели зерна межлинейных гибридов F₁ (масса тысячи зерен, натура зерна) были на уровне 33,5-43,4 г и 721-755 г/л, сортолинейных – 37,0-46,1 г, 682-762 г/л соответственно.

Урожайность межлинейных гибридов F₁ в опыте сильно варьировала и была в пределах 33,1-66,4 ц/га. Урожайность сортолинейных гибридов F₁ также сильно варьировала – 30,7-63,6 ц/га.

На основании полученных данных были определены технологические свойства синтетических популяций с различной вязкостью водного экстракта (ВВЭ) и различным проявлением основных хозяйственно-полезных признаков качества (таблица 4).

Выводы

1. Изучено более 300 межлинейных и сортолинейных гибридов F₁ по зимостойкости и устойчивости к листовым болезням. Выявлены гибриды, обладающие высоким уровнем перезимовки: 5 межлинейных гибридов с уровнем перезимовки свыше 96% и 14 сортолинейных – 85,5-90,4%.

2. Установлено, что признак ВВЭ положительно коррелирует с высотой амилограммы и температурой клейстеризации крахмала: на межлинейном уровне значение коэффициента корреляции (r) составило 0,89% и 0,77%, на сортолинейном уровне – 0,94% и 0,49%. Отрицательная связь отмечена между

Таблица 4 – Оценка технологических свойств синтетических популяций с различной вязкостью водного экстракта (ВВЭ), (2018 г.)

Признаки (среднее значение)	Высокопентозановая синтетическая популяция ВПСП-2018		Низкопентозановая синтетическая популяция НПСП-2018	
	Межлинейные гибриды F ₁	Сортолинейные гибриды F ₁	Межлинейные гибриды F ₁	Сортолинейные гибриды F ₁
Вязкость водного экстракта, сПа	23,8	22,6	4,0	9,0
Натура зерна, г/л	736,7	735,4	726,0	724,3
Масса 1000 зерен, г	43,4	42,1	33,5	42,1
Высота амилограммы, е.а.	1044,7	1089,8	495,0	654,0
ЧП, сек	337,7	328,8	208,0	278,4
Содержание белка, %	9,2	9,9	11,4	11,5

ВВЭ и массой 1000 зерен – (-0,51 и -0,31%), а также между содержанием белка и ЧП (-0,3-0,4) соответственно. Слабое отрицательное и недостоверное значение коэффициента корреляции ($r=-0,11-0,33$ %) между содержанием белка и ВВЭ указывает на возможность вести селекцию низковязких линий с повышенным содержанием белка.

3. Качественные показатели зерна у межлинейных гибридов F₁ наиболее сильно варьировали по вязкости водного экстракта зернового шрота (ВВЭ) – коэффициент вариации ($cv=45,5\%$), слабое варьирование отмечено по массе тысячи зерен ($cv=9,1\%$) и среднее по содержанию белка ($cv=15,9\%$). На сортолинейном уровне значение вариации были – 48,4%, 7,2%, 11,1% соответственно.

4. Урожайность межлинейных гибридов F₁ варьировала в 2017 г. в пределах 43,2-96,5 ц/га, сортолинейных гибридов F₁ – 50,8-103,6 ц/га; в 2018 г. – 33,1-66,4 ц/га и 30,7-63,6 ц/га соответственно. Отмечено 5 межлинейных гибридов с очень высоким уровнем гетерозиса по урожайности (124,3-142,3%) и два сортолинейных гибрида (№34, 80) с уровнем гетерозиса 131,0-135,2%.

5. Визуально в полевых условиях выделены межлинейные и сортолинейные гибриды F₁, обладающие зерном с тонкопокровной оболочкой. Дальнейший биохимический анализ качества зерна этих гибридов показал, что до 20% из них характеризуются высоким содержанием белка и низким содержанием водорастворимых пентозанов, т.е. обладают хорошими кормовыми качествами. И, напротив, гибриды F₁ с белым зерном характеризуются пониженным содержанием белка и высоким – водорастворимых пентозанов, что наиболее подходит для их использования в хлебопекарных целях.

6. По результатам исследований сформированы две синтетические популяции с различным проявлением гетерозисного эффекта основных хозяйственно-полезных признаков качества – высокопентозановая (ВПСП-2018) и низкопентозановая (НПСП-2018).

Литература

1. *Henry, R.J.* A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains / *R.J. Henry*, // *J. Sci. Food and Agric.* – 1985. – V. 36. № 12. – P. 1243-1253.
2. Nutrient and lignan content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia / *M. Nilsson, P. Aman, H. Harkonen, G. Hallmans, K.E. Knudsen, W. Mazur, H. Adlercreutz* // *Acta Agric. Scand. Select B.* – 1997. – V. 47. – P. 26-34.
3. *Гончаренко, А.А.* Некоторые вопросы селекции озимой ржи на качество зерна в свете современных требований / *А.А. Гончаренко* // *Достижения и перспективы селекции и технологического обеспечения АПК в Нечерноземной зоне РФ.* – Немчиновка, 2006. – С. 87-98.
4. *Ермолаева, Т.Я.* Озимая рожь, как продовольственная культура / *Т.Я. Ермолаева, Н.Н. Нуждина* // *Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка.* – Екатеринбург, 2012. – С. 125-128.
5. *Исмагилов, Р.Р.* Изменчивость содержания водорастворимых пентозанов в зерне ржи / *Р.Р. Исмагилов* // *Достижения науки и техники АПК.* – 2012. – № 6. – С. 35-36.
6. *Jagodziski, J.* Feeding value of the grain of rye lines and hybrids / *J. Jagodziski, M. Rakowska* // *The International Symposium on Rye Breeding & Genetics of the EUCARPIA.* – 1996. – P. 154.
7. *Rakowska, M.* Studies on the antinutritive compounds in rye grain. V. Effect polysaccharides complex on protein digestibility and feed utilization / *M. Rakowska, K. Raczynska-Bojanowska, R. Kupiec* // *Pol. J. Food Nutr.* – 1997. – № 1/42. – Pp. 95-102.
8. *Devesa, A.* Influence of pentosans on texture of starch gels during storage, and effects after enzyme treatment / *A. Devesa, M.A. Martinez-Anaya* // *European Food Research and Technology.* – 2003. – T. 216. – № 4. – Pp. 323-330.
9. *Cyran, M.* Content and composition of non-starch polysaccharide of rye flour in relation to its baking quality / *M. Cyran, J. Cygankiewicz* // *Proceeding of the Eucarpia Rye Meeting.* – Radzikow, 2001. – Pp. 291-298.
10. *Weipert, D.* Pentosans as selection traits in rye breeding / *D. Weipert* // *Vortr. Pflanzenzuchtung.* – 1996. – V. 35. – P. 109-119.
11. *Henry, R.J.* Pentosan and (1-3), (1-4)-beta-glucan concentrations in endosperm and wholegrain of wheat, barley, oats and rye / *R.J. Henry* // *J.Cereal Sci.* – 1987. – № 6. – P. 253-258.
12. *Bengtsson, S.* Isolation and chemical characterization of water-soluble arabinoxylans in rye grain / *S. Bengtsson, P. Aman* // *Carbohydrate Polymers.* – 1990. – № 12 (3). – P. 267-277.
13. Extract viscosity as an indirect assay for water-soluble pentosans content in rye / *D. Boros, R.R. Marquardt, B.A. Slominski, W. Guenter* // *Cereal Chem.* – 1993. – V. 70. – Pp. 575-580.
14. *Гончаренко, А.А.* Использование дивергентного отбора по вязкости водного экстракта в селекции озимой ржи / *А.А. Гончаренко [и др.]* // *Зерновое хозяйство России.* – 2011. – №5. – 11-19.
15. *Finnie, S.M.* Influence of cultivar and environment on water-soluble and water insoluble arabinoxylans in soft wheat / *S.M. Finnie, A.D. Bettge, C.F. Morris* // *Cereal Chem.* – 2006. – 83(6): 617623 (doi: 10.1094/CC-83-0617).
16. *Li, S.* Genotype and environment variation for arabinoxylans in hard winter and spring wheat of the U.S. Pacific Northwest / *S. Li, C.F. Morris, A.D. Bettge* // *Cereal Chem.* – 2009. – 86: 88-95 (doi: 10.1094/CCHEM-86-1-0088).
17. *Hansen, H.B.* Effects of genotype and harvest year on content and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L.) grain / *H.B. Hansen, C.V. Rasmussen, K.E. Bach Knudsen, A. Hansen* // *J. Sci. Food Agr.*, 2003, 83(1): 76-85 (doi: 10.1002/jsfa.1284).
18. *Martinant, J.P.* Genetic and environmental variations in water-extractable arabinoxylans content and flour extract viscosity / *J.P. Martinant, Billot A., A. Bouguennec, G. Charmet, L. Saulnier, G.J. Branlard* // *Cereal Sci.*, 1999, 30(1): 45-48 (doi: 10.1006/jcrs.1998.0259).
19. *Исмагилов, Р.Р.* Кормовые качества зерна различных сортов озимой ржи / *Р.Р. Исмагилов, Л.М. Ахиярова* // *Достижения науки и техники АПК.* – 2007. – № 11. – С. 16-17.

20. Пономарева, М.Л. Фенотипическая оценка содержания пентозанов в ржаном шроте методом определения вязкости водного экстракта / М.Л. Пономарева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – 29 (11). – С. 32-35.

EVALUATION OF PENTOSANS CONTENT IN WINTER RYE GRAINS IN THE PROCESS OF BREEDING FOR QUALITY

D.Yu.Artyukh, E.P.Urban, O.N.Karpovich, T.V.Rovdo, M.M.Gorovaya, Yu.S.Solovei

The paper deals with the results of the conducted phenotypic evaluation of pentosans content in winter rye grains. According to the findings genotypes-sources of valuable alleles with the high and low content of water soluble pentosans are identified. High and low pentosan synthetic populations with different manifestation of heterotic effect of the main economic characters of the quality of carbohydrate-amylase and grain protein complexes are formed.

УДК 631.421.1:527.12

КЛАССИФИКАЦИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ 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 26.02.2019)

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

***Аннотация.** В статье отражены результаты оценки селекционного материала (самоопыленные линии кукурузы из рабочей коллекции лаборатории селекции кукурузы РНДУП «Полесский институт растениеводства») по интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период. В результате исследований проведена классификация исходного материала по интенсивности влагоотдачи зерном, определены корреляционные связи интенсивности влагоотдачи с количественными морфо-биологическими признаками, выделены источники высокой интенсивности влагоотдачи. Результаты исследований имеют высокую значимость для повышения эффективности селекции кукурузы.*

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 началась в 70-х годах XX века. Толчком к этому послужил нефтяной кризис в США, поскольку для досушки зерна применялись производные нефтепродуктов [Bodnar, 1987]. 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 оберток; 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 Республики Беларусь 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].

Выше сказанное свидетельствует о преимуществе гибридов, обладающих низким содержанием влаги в зерне к уборке, и, как следствие, актуальности работ по исследованию этого признака.

Методика и объекты исследований. Основная цель исследований – провести группировку самоопыленных линий кукурузы по характеру влагоотдачи зерном в предуборочный период. Исследования проводили на опытных полях РНДУП «Полесский институт растениеводства в 2016-2018 гг.

В качестве исходного материала были задействованы самоопыленные линии кукурузы из рабочей коллекции РНДУП «Полесский институт растениеводства», относящиеся к различным гетерозисным группам, различающиеся по длине вегетационного периода и консистенции зерна – 50 образцов. Из них кремнистые линии – 20 образцов, зубовидные – 30 образцов.

Посев питомника – 21-25 апреля при среднесуточной температуре пахотного горизонта почвы 10 °С. Повторность опыта – однократная, учетная площадь делянки – 4,9 м².

Почва опытного участка – дерново-подзолистая связносупесчаная. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: рН (KCl) – 5,7, содержание P₂O₅ – 442 мг/кг, K₂O – 284 мг/кг, Ca – 987 мг/кг, Mg – 169 мг/кг почвы, гумуса – 2,71%. Предшественник – кукуруза. Обработка почвы – типичная под кукурузы в южной зоне РБ. Внесение удобрений: 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.

Проводимые учеты и наблюдения: фенологические наблюдения; определение динамики влагоотдачи зерном, начиная с фазы восковой спелости до полной спелости зерна; определение биометрических показателей початка, сопряженных с признаком «влажность зерна»: количество оберточных листьев, длина початка, диаметр початка, диаметр стержня, масса 1000 зерен, количество рядов зерен и др.).

Температурные и водные режимы вегетационных периодов за годы исследований (2016-2018 гг.) значительно различались, что оказало значительное влияние на интенсивность влагоотдачи зерном образцами (рисунок 1).

Температурный и водный режим вегетационного периода 2016 г. в целом можно охарактеризовать как недостаточно благоприятный для роста и развития растений кукурузы. Сумма эффективных температур с апреля по сентябрь составила 1254,0 °С (год достаточно теплообеспеченный), сумма осадков за этот период – 318,3 мм, ГТК = 0,94. Отличительной особенностью вегетационного периода 2016 г. являлась неравномерность выпадения осадков (чередование засушливых периодов и периодов с проливными дождями) и значительные перепады дневных и ночных температур.

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 °С, что на 13,8% меньше, чем в 2016 г. 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 среднепогодными 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 °С. Сумма выпавших осадков – 281,6 мм.

Характерной особенностью вегетационного периода 2018 г. является неравномерность выпадения осадков, то есть чередование периодов с недостат-

ком влаги и периодов с хорошей влагообеспеченностью (особенно в первый период вегетации).

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенные исследования показали различия по длине межфазных периодов до фаз спелости зерна у самоопыленных линий кукурузы в зависимости от года исследований (рисунок 1).

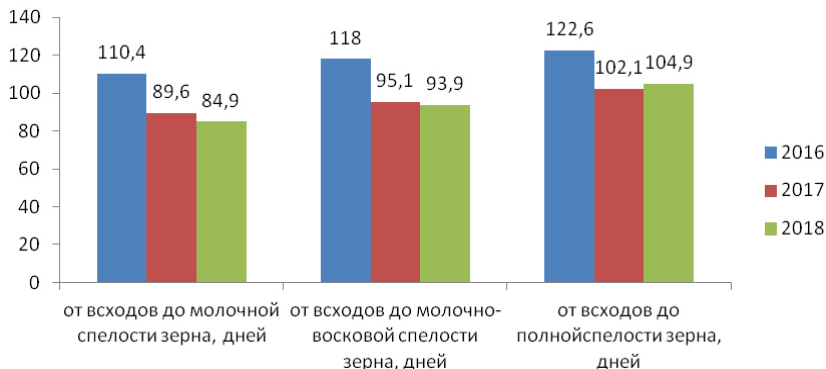


Рисунок 1 – Длина межфазных периодов у самоопыленных линий кукурузы в зависимости от года исследований

Наиболее продолжительными межфазными периодами от всходов до фаз спелости зерна отличался 2016 г. В 2017 г. и 2018 г. межфазные периоды были значительно короче по сравнению с 2016 г. Так, в 2016 г. длина межфазного периода «всходы – полная спелость зерна» составила 122,6 дней, в 2017 г. и 2018 г. – 102,1 и 104,9 дней соответственно, то есть разница составила более 18-20 дней.

Отмечены различия по длине межфазных периодов в зависимости от консистенции зерна самоопыленных линий (рисунок 2). У зубовидных форм межфазные периоды были на 2-4 дня длиннее по сравнению с кремнистыми формами.

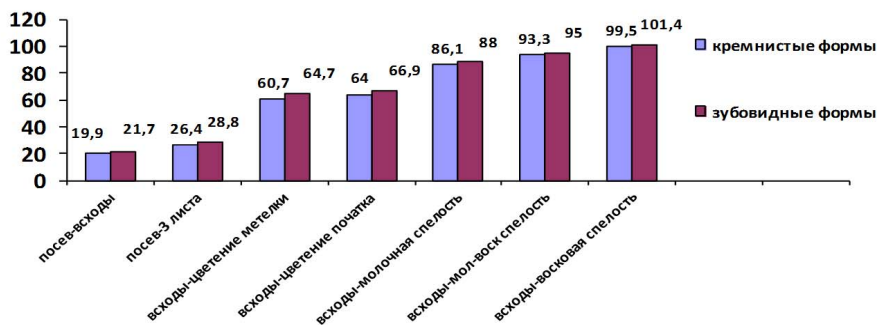


Рисунок 2 – Длина межфазных периодов в зависимости от консистенции зерна

Была проведена классификация самоопыленных линий кукурузы по скорости спелости, селекционный материал разбит на 5 групп спелости в зависимости от длины вегетационного периода.

В среднем за годы исследований наблюдалась четко выраженная тенденция повышения интенсивности влагоотдачи зерном в первый межфазный период (на 40 день после цветения початка) при переходе от ранних образцов к поздним (рисунок 3). У образцов из очень ранней группы спелости интенсивность влагоотдачи на 40 день после цветения початка составила 1,36 %/сутки, у позднеспелых образцов – 1,53 %/сутки, что на 0,17% ниже. У среднеранних и среднеспелых образцов (группа 3 и 4) разница в интенсивности влагоотдачи в первый межфазный период отсутствовала – 0,02 %/сутки.

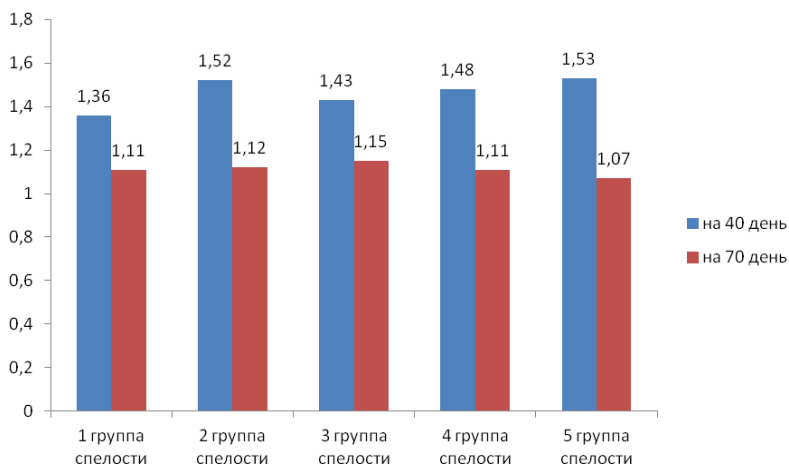


Рисунок 3 – Средние показатели интенсивности влагоотдачи зерном в зависимости от группы спелости на 40 и 70 день после цветения початка, % (среднее 2016-2018гг.)

Не наблюдается четко выраженной зависимости интенсивности влагоотдачи зерном во второй межфазный период (на 70 день) от группы спелости образца. Минимальной интенсивностью обладали образцы из позднеспелой группы – 1,07 %/сутки, максимальной – образцы из среднеранней группы спелости – 1,15 %/сутки.

Не отмечено существенных различий по интенсивности влагоотдачи в зависимости от консистенции зерна изучаемых образцов (рисунок 4). Зубовидные формы менее интенсивно отдавали влагу зерном по сравнению с кремнистыми в первый межфазный период – на 0,04% , во второй межфазный период (на 60 и 70 день) – на 0,02%.

Проведена классификация исходного материала по интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период (таблицы 1-2).

В исходном материале в первый межфазный период (на 50 день после цветения початка) высокой и очень высокой интенсивностью влагоотдачи (1,5-1,8 %/сутки) обладало 17,8% образцов, низкой и очень низкой интенсивностью

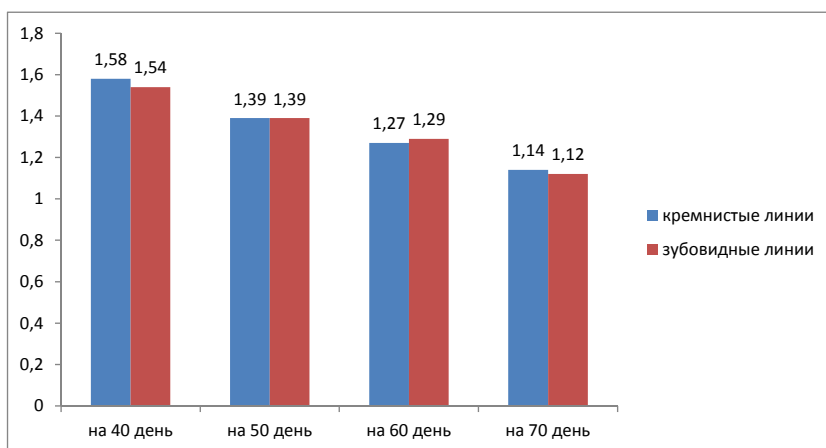


Рисунок 5 – Интенсивность влагоотдачи зерном в зависимости от консистенции зерна изучаемых образцов, % (среднее 2016-2018 гг.)

Таблица 1 – Классификация самоопыленных линий по интенсивности Влагоддачи (среднее за 2016-2018 гг.)

Группа	Интенсивность влагоддачи, %/сутки	Первый межфазный период (на 50 день после цветения)
		Процент от всех изучаемых образцов
1. Очень низкая	≤1,20	6,1
2. Низкая	1,21-1,30	24,0
3. Средняя	1,31-1,50	52,1
4. Высокая	1,51-1,70	14,7
5. Очень высокая	1,71-1,80	3,1

Таблица 2 – Классификация самоопыленных линий по интенсивности влагоддачи (среднее за 2016-2018 гг.)

Группа	Интенсивность влагоддачи, %/сутки	Второй межфазный период (на 70 день после цветения)
		Процент от всех изучаемых образцов
1. Очень низкая	≤1,10	13,1
2. Низкая	1,11-1,15	34,0
3. Средняя	1,16-1,20	36,9
4. Высокая	1,21-1,25	16,0
5. Очень высокая	≥ 1,26	0

(1,2-1,3 %/сутки) – 30,1% образцов. 52,1% образцов отдавали влагу зерном в предуборочный период со средней интенсивностью 1,31-1,5 %/сутки.

Во второй межфазный период (на 70 день) высокой интенсивностью влагоддачи (1,21-1,25 %/сутки) обладало 16% образцов, очень низкой и низкой (1,10-1,15 %/сутки) – 47,1%, средней (1,16-1,20 %/сутки) – 36,9% образцов.

Выделены образцы – источники высокой интенсивности влагоотдачи (выделились за 2-3 года) (таблица 3):

- кремнистые: *БКР 42, БКР 303, БКР 45, БКР 43.*
- зубовидные: *БКР 60, F 676, БКР 75, БКР 803.*

Данные линии планируется включать в селекционные программы по созданию гибридов кукурузы зернового направления использования с высокой интенсивностью влагоотдачи зерном в предуборочный период.

Таблица 3 – Образцы с высокой интенсивностью влагоотдачи зерном в предуборочный период (среднее за 2016-2018 гг.)

Год	Первый межфазный период (интенсивность влагоотдачи более 1,60 %/сутки)	Второй межфазный период (интенсивность влагоотдачи более 1,21 %/сутки)
2016	БКР 311, БКР 303	БКР 303, БКР 901, БКР 803, БКР 75, БКР 43, БКР 42
2017	БКР 403, БКР 142, БКР 205, БКР 803, БКР 42, БКР 129	БКР 605, БКР 43, БКР 60, БКР 42
2018	БКР 903, БКР 45, БКР 501, БКР 901, БКР 715, БКР 509, БКР 57, БКР 60, БКР 75, БКР 48, БКР 43, БКР 47, БКР 42, F 676	БКР 48, БКР 45, БКР 43, F 676, БКР 503

Отмечены различия между гетерозисными группами по интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика влагоотдачи в зерне самоопыленных линий кукурузы различных гетерозисных групп (среднее 2016-2018 гг.)

Гетерозисная группа	40 день	50 день	60 день	70 день
СМ 7	1,66	1,40	1,29	1,15
Лакон	1,50	1,38	1,24	1,13
Лизаргарат	1,57	1,39	1,27	1,15
Среднее по кремнистым формам	1,58	1,39	1,27	1,14
Ланкастер	1,53	1,35	1,27	1,13
Со 125	1,55	1,38	1,29	1,11
CG 12	1,52	1,39	1,29	1,16
Рейд	1,65	1,46	1,29	1,16
Айодент	1,48	1,35	1,24	1,13
Со 72-75	1,52	1,35	1,22	1,11
Среднее по зубовидным формам	1,54	1,38	1,27	1,13

В среднем за 3 года исследований в первый межфазный период (на 40 день после цветения початка) максимальную влагоотдачу показали линии из гетерозисной группы *СМ 7 (крем.)* – 1,66 %/сутки. Среди зубовидных форм выдели-

лись линии из гетерозисных групп *Рейд* и *Со 125* – 1,65 – 1,55 %/сутки соответственно. На 70 день после цветения початка интенсивность влагоотдачи зерном между кремнистыми гетерозисными группами значительно не различалась – 1,13-1,15 %/сутки. Среди зубовидных форм наиболее интенсивно отдавали влагу зерном линии из гетерозисных групп *CG 12* и *Рейд* – 1,16 %/сутки.

Наблюдались существенные различия у самоопыленных линий по таким биометрическим показателям как ширина зерна, толщина зерна, диаметр стержня, длина початка. Не отмечено тесных корреляционных связей между интенсивностью влагоотдачи зерном и численными биометрическими показателями (таблица 5). Отмечена средняя отрицательная связь между влагоотдачи зерном и шириной зерна ($r = -0,47$ (через 40 дней), $-0,40$ (через 70 дней)). Интенсивность влагоотдачи в средней степени отрицательно коррелировала с массой 1000 зерен – чем ниже масса 1000 зерен, тем интенсивнее идет влагоотдача ($r = -0,30 - -0,40$). Отмечены слабые положительные связи между количеством зерен в ряду и интенсивностью влагоотдачи зерном ($r = 0,36-0,21$). Между интенсивностью влагоотдачи в первый и второй межфазный период наблюдается тесная положительная связь $-r=0,59$.

Выводы

1. Проведена классификация исходного материала по интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период.
2. Выявлены различия по интенсивности влагоотдачи зерном в зависимости от группы спелости образца, консистенции зерна и гетерозисной группы.
3. Выделены самоопыленные линии – источники высокой интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период: *БКР 42*, *БКР 303*, *БКР 45*, *БКР 43*, *БКР 60*, *F 676*, *БКР 75*, *БКР 803*.
4. Выделены гетерозисные группы с высоким темпом влагоотдачи: *СМ 7*, *Рейд*, *Со 72-75*, *CG 12*.

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. *Мустяца, С.И.* Динамика влажности зерна / С.И. Мустяца, 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.

Таблица 5 – Корреляционные связи между интенсивностью накопления сухого вещества и численными Биометрическими показателями (среднее за 2016-2018 гг.)

Признаки	Длина початка	Диаметр початка	Диаметр стержня	Количество рядов зерен	Количество зерен в ряду	Длина зерна	Ширина зерна	Толщина зерна	Высота растений	Количество обертки	Плотность обертки	Вес одного початка	Масса 1000 зерен	Влажность зерна, % (40 день)	Влажность зерна, % (70 день)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,14 ±0,23	0,08 ±0,23	0,08 ±0,23	0,50 ±0,20	0,13 ±0,23	0,25 ±0,22	0,22 ±0,22	0,44 ±0,21*	-0,12 ±0,23	-0,03 ±0,23	0,46 ±0,20	0,26 ±0,22	-0,09 ±0,23	-0,21 ±0,23
2			0,65 ±0,18*	0,67 ±0,17*	0,33 ±0,22	0,65 ±0,17	0,15 ±0,23	-0,04 ±0,23	0,1 3±0,23	-0,20 ±0,23	0,17 ±0,23	0,84 ±0,13*	0,27 ±0,22	-0,13 ±0,23	-0,22 ±0,22
3				0,35 ±0,22	0,02 ±0,23	0,17 ±0,23	-0,08 ±0,23	0,13 ±0,23	0,11 ±0,23	-0,18 ±0,23	0,19 ±0,23	0,51 ±0,20*	0,29 ±0,22	-0,23 ±0,22	-0,30 ±0,22
4					0,17 ±0,23	0,48 ±0,20	-0,16 ±0,23	-0,03 ±0,23	0,20 ±0,23	-0,08 ±0,23	0,13 ±0,23	0,52 ±0,20*	0,19 ±0,23	0,05 ±0,23	-0,06 ±0,23
5						0,52 ±0,20	-0,05 ±0,23	-0,11 ±0,23	0,29 ±0,22	-0,28 ±0,22	0,08 ±0,23	0,60 ±0,18*	0,07 ±0,23	0,36 ±0,21	0,21 ±0,23
6							-0,03 ±0,23	-0,35 ±0,22	0,04 ±0,23	-0,13 ±0,23	0,11 ±0,23	0,81 ±0,13*	0,32 ±0,22	-0,09 ±0,23	-0,21 ±0,23
7								0,30 ±0,22	-0,24 ±0,22	-0,07 ±0,23	0,07 ±0,23	0,15 ±0,23	0,30 ±0,22	-0,47 ±0,20*	-0,40 ±0,21
8									0,11 ±0,23	-0,07 ±0,23	0,12 ±0,23	-0,10 ±0,23	0,02 ±0,23	0,07 ±0,23	0,06 ±0,23
9										-0,18 ±0,23	-0,01 ±0,23	0,22 ±0,22	0,30 ±0,22	0,17 ±0,23	0,00 ±0

Продолжение таблицы 5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10											-0,35 ±0,23	-0,29 ±0,22	-0,12 ±0,23	-0,18 ±0,23	-0,07 ±0,23
11												0,04 ±0,23	-0,04 ±0,23	0,12 ±0,23	0,06 ±0,23
12													0,53 ±0,19	0,00 ±0	-0,26 ±0,22
13														-0,30 ±0,22	-0,40 ±0,21
14															0,59 ±0,19*
15															

* существенно при 0,01

** существенно при 0,05

CLASSIFICATION OF SELF-POLLINATED LINES OF MAIZE IN TERMS OF THE INTENSITY OF WATER YIELDING CAPACITY OF GRAIN DURING THE PREHARVEST PERIOD

V.I. Kravtsov, L.P. Shimansky,

The paper reflects the results of the assessment of the breeding material (self-pollinated lines of maize from the working collection of the maize breeding laboratory of the Polesye Institute of Plant Breeding) in terms of the intensity of water yielding capacity during the preharvest period. As a result of the research the initial material has been classified according to the intensity of water yielding capacity, correlation of the intensity of water yielding capacity with quantitative morpho-biological characters has been established, sources of the high intensity of water yielding capacity have been identified. The findings are of great importance for the increase of the efficiency of maize breeding.

УДК 633.15:577.12

КЛАССИФИКАЦИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЙ ПОДВИЖНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ЗЕИНА

Е.М. Говор, Л.П. Шиманский, кандидат с.-х. наук

*Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 26.02.2019)*

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

Аннотация. *Приведены результаты исследований 38 линий кукурузы по запасным белкам семян с использованием электрофоретического разделения компонентов зейна. На основе данных об электрофоретической подвижности компонентов зейна инбредных линий обнаружено наличие 2-3 компонентов зейна, которые совместно встречаются только у представителей определенной гетерозисной группы. Установлено что компоненты 23 и 33 встречаются у линий группы Кремнистая Оттава, комбинация 28-42 характерна для линий гетерозисной группы Лакон, 32-45 – для Лизаргарат, 25-34-45 – Со 72-75, 26-31-41 – Со 125, 29-34 – CG 12, 29-33-37 – Рейд, 35-40 – Ланкастер, 36-41-69 – Айодент.*

Успехи гетерозисной селекции кукурузы в значительной мере зависят от генетического разнообразия исходного материала, что обуславливает физиологический потенциал кукурузы и способствует созданию высокоурожайных, адаптированных к определенным природным зонам гибридов. Высокогетерозисные гибриды кукурузы, как правило, получают от скрещивания генетически разнокачественных инбредных линий. Подбор линий для гибридных комбинаций традиционно осуществляют на основе характеристики фенотипических признаков. В последние десятилетия для подбора родительских форм, нацеленного на увеличение полезной для отбора изменчивости по количественным признакам у потомства, используют различные оценки генетической дивергенции родителей, т.е. несходства их аллельного состава. Генетическое разнообразие и неродственность образцов обусловлены степенью мутационных и рекомбинационных преобразований генома. Поэтому вполне логичными стали попытки их определения по полиморфизму продукта экспрессии гена – белка. Белковые молекулы не поддаются паратипическим модификациям, поэтому

они должны в большей степени отвечать требованиям оценки генетической дивергенции исходных форм. В качестве маркеров для установления генетического разнообразия, начиная с 1960-х годов в связи с развитием методов электрофореза, используются варианты запасных белков для измерения и характеристики генетических вариаций во многих культурах, включая кукурузу. Большой интерес представляет разработка высокоразрешающей методики электрофореза зеина, который имеет целый ряд преимуществ перед другими белками. Основные из них: удобная для исследования его локализация, большая концентрация зеина в зерновке (до 60% белка эндосперма), легкость и простота его извлечения, значительная гетерогенность зеина (до 22 компонентов, а значит, до 22 генов в отличие от 2-3 генов отдельного фермента), возможность сохранения жизнеспособности семени после анализа.

Внедрение в селекционную практику метода генетического маркирования позволит сократить этот процесс до 2-3 лет и значительно снизить затраты на производство гибридов [1, 3, 4, 5].

Нами была исследована возможность получения информации о степени генетических различий между основными гетерозисными группами кукурузы по электрофоретическим спектрам зеина.

Методика проведения исследований. Изучение генетической дивергенции между основными гетерозисными группами кукурузы по электрофоретическим спектрам зеина проводилось в 2015-2017 г. в лаборатории электрофореза РНДУП «Полесский институт растениеводства». Изучаемый материал представлен 38 линиями кукурузы из 9 гетерозисных групп: Кремнистая Оттава (СМ 7), Лакон (F 2), Лизаргарат (Ер 1), Зубовидная Канады (Со 72-75), Зубовидная Канады (Со 125), Зубовидная Канады (СГ 12), Ланкастер, Рейд и Айодент. Выделение и электрофорез зеина в 10% полиакриламидном геле проводили по «Методике идентификации семян кукурузы с использованием электрофореза зеина» (ВИР, 2002, С-Пб.). Гелевая пластина содержала 10% акриламида и 8 М мочевины. В раствор для экстракции зеина входила 6 М мочевины и 0,01 М дитиотрейтол. Электрофорез проводился без охлаждения в течение 5 ч при напряжении 500-580 В. Электрофоретический спектр зеина содержит от 12 основных компонентов. При регистрации их записывали в величинах электрофоретической подвижности (rf). Последнюю вычисляли по «внутреннему стандарту» rf-60. Для оценки интенсивности компонентов использовали трехбалльную шкалу.

Результаты и их обсуждение. Была исследована возможность получения информации о степени генетических различий линий кукурузы, относящихся к 9 группам зародышевой плазмы, на основании анализа электрофоретических спектров запасных белков семян кукурузы.

Каждая из 38 линий анализируемых линий имела характерный профиль электрофоретического спектра. По данным Г.К. Комаровой, белковый спектр характеризуется достаточно широким диапазоном варьирования: от 9 до 25 молекулярных форм, составляющих зеиновый комплекс эндосперма генотипов кукурузы [2].

Электрофоретический спектр зеина изученных инбредных линий в вертикальных пластинах содержал 16 до 25 основных компонентов. При регистрации их записывали в величинах электрофоретической подвижности (rf). Позиции основных компонентов зеина у всей совокупности изученных самоопыленных линий находятся в пределах rf 20-89. Линии из альтернативных групп зародышевой плазмы обладали специфическим распределением зеиновых маркеров в миграционной зоне электрофоретического спектра. Инбредные линии из разных гетерозисных групп достаточно сильно отличаются друг от друга по компонентному составу и, напротив, линии из одной группы имеют схожие спектры. На основе данных об электрофоретической подвижности компонентов зеина инбредных линий составлены белковые формулы, где цифровое обозначение соответствует величине электрофоретической подвижности белковых молекул зеина, интенсивные компоненты отмечены чертой под цифрами, обозначающие их позиции, слабые – чертой над цифрами. Такая система записи отражает генотипическую изменчивость генома кукурузы и позволяет идентифицировать зародышевую плазму (таблица).

Таблица – Характеристика инбредных линий по белковым формулам зеина

К	Шифр линии	Белковая формула
1	2	3
СМ 7	БЛ 40	23 26 28 33 35 37 <u>38</u> 43 44 48 <u>51</u> 55 <u>57</u> 60 <u>64</u> 65 72 80 81 82 83
	БЛ 77	23 26 28 33 35 37 <u>38</u> 43 44 48 55 <u>57</u> 60 <u>64</u> 65 <u>76</u> 80 81 82 83
	БЛ 39	23 26 28 33 35 37 <u>38</u> 43 44 48 51 55 <u>57</u> 60 <u>64</u> 65 72 76 80 81 82 83
F 2	БЛ 33	22 24 28 36 37 38 42 44 48 51 53 57 60 64 69 75 77 82 86
	БЛ 565/92	28 32 35 37 <u>38</u> 42 44 47 48 51 52 55 <u>57</u> 60 <u>69</u> 77 79 80 82 84 86 89
	Л 142	28 32 35 37 <u>38</u> 42 44 47 48 51 <u>57</u> 60 <u>69</u> 77 82 86 89
Ер 1	БЛ 57	22 26 32 37 38 39 42 44 45 48 52 55 <u>57</u> 60 64 73 74 76 82 85 86
	БЛ 64	22 26 32 36 <u>40</u> 43 44 45 47 48 53 54 55 <u>58</u> 60 64 69 73 74 79 81 85 86
	Б 39/96	22 26 32 37 <u>38</u> 39 42 44 45 48 52 55 <u>57</u> 60 64 76 82 85 86
Со72-75	БЛ 82	20 21 25 27 31 34 44 <u>45</u> 46 53 <u>55</u> 60 64 71 <u>75</u> 83 89
	МКР 41	20 25 27 31 34 38 44 <u>45</u> 46 53 <u>55</u> 60 71 <u>75</u> 83 89
	БЛ 41	20 21 25 27 31 34 38 44 <u>45</u> 53 <u>55</u> 60 <u>75</u> 79 83 89
Со 125	БЛ 52	20 22 24 26 28 <u>31</u> 35 38 41 43 44 <u>45</u> 50 52 55 58 60 64 66 <u>75</u> 81 83 86 89
	Со 124-1	22 25 26 <u>31</u> 34 38 41 43 44 50 55 60 64 <u>75</u> 81 86 89
	К 410	20 25 26 27 <u>31</u> 35 41 43 44 <u>45</u> 50 55 60 66 <u>75</u> 81 83 86 89
	БЛ 78	20 24 26 28 35 38 41 44 <u>45</u> 47 51 53 55 <u>60</u> 62 64 73 75 78 81 89
	ДК 129	20 24 26 28 31 41 44 <u>45</u> 47 51 53 55 <u>60</u> 62 64 73 75 78 81 89
	ДК 261	20 22 26 28 <u>31</u> 35 38 41 44 <u>45</u> 53 55 60 62 75 81 83 89

1	2	3
CG 12	БЛ 42	22 26 28 29 34 37 41 43 44 45 46 49 52 55 60 64 69 71 89
	Б 1/96	22 28 29 34 <u>37</u> 41 <u>43</u> 44 46 49 52 <u>55</u> 60 64 69 71 75 78 86 89
	МКР 36	22 28 29 34 <u>37</u> 41 <u>43</u> <u>44</u> 46 49 52 <u>55</u> 60 69 71 75 78 86 89
	326/96	22 28 29 34 <u>37</u> 41 <u>43</u> <u>44</u> 46 49 52 <u>55</u> 60 64 67 71 75 78 89
Рейд	БКР 901	20 27 29 <u>33</u> 37 39 40 44 <u>45</u> 48 52 <u>56</u> 60 69 <u>75</u> 78 79 81 84 85 88
	БКР 903	21 27 29 <u>33</u> 37 39 40 44 <u>45</u> 48 52 56 60 64 69 <u>75</u> 77 79 81 85
	Кос 30/07	27 29 <u>33</u> 37 40 44 <u>45</u> 48 52 60 64 69 <u>75</u> 79 81 85
Ланкастер	761/111	26 28 30 <u>31</u> 35 38 40 <u>44</u> 48 53 <u>55</u> 60 70 73 77 81 84 86 89
	БЛ 990	22 26 28 30 <u>31</u> <u>35</u> 40 44 48 53 <u>55</u> 60 70 73 77 81 84 86 89
	МСП 22/07	22 26 33 <u>35</u> 38 <u>40</u> <u>44</u> <u>47</u> 50 53 57 60 64 74 76 78 85 86 88
	МСП 46/07	22 26 28 30 31 35 40 44 53 57 60 64 69 70 73 76 81 85 86 89
Айодент	БКР 710	23 <u>31</u> 34 36 <u>41</u> 44 <u>47</u> 51 54 <u>58</u> 60 69 71 <u>75</u> 78 84 89
	БЛ 365	28 32 36 <u>41</u> 44 49 53 <u>54</u> <u>55</u> 60 69 74 <u>75</u> <u>76</u> 82 84 88
	БЛ 333	23 25 29 32 36 <u>41</u> 44 49 53 <u>54</u> 55 60 64 66 69 74 <u>75</u> <u>76</u> 82 84 88
	ДК 744	23 31 36 <u>41</u> 44 <u>47</u> 51 54 <u>58</u> 60 65 69 71 <u>75</u> 78 84 89
	МКР 61	25 28 31 32 36 38 <u>41</u> 44 47 53 <u>54</u> 55 60 69 72 74 <u>75</u> <u>80</u> 84 86

В электрофоретических спектрах зеина были идентифицированы основные компоненты, по которым в дальнейшем проводился сравнительный анализ инбредных линий кукурузы. Частота встречаемости отдельных компонентов в спектрах зеина различна. Компоненты 44 и 60 встречаются в белковых спектрах у всех изученных линий, но интенсивность их проявления разная. Довольно высокая частота встречаемости наблюдается у компонентов 38, 55 и 75, поэтому, они не могут служить маркерами установления принадлежности линий к той или иной гетерозисной группе. В каждой группе имеются компоненты зеина, встречающиеся у всех представителей, но также и встречающиеся у линий из других групп. Отдельных компонентов, характерных только для одной гетерозисной группы не выявлено, но обнаружено наличие 2-3 компонентов зеина, которые совместно встречаются только у представителей определенной гетерозисной группы. Так, компоненты 23 и 33 встречаются у линий группы Кремнистая Оттава, однако компонент 23 встречается и у линий БКР 710, БЛ 333 и ДК 744 гетерозисной группы Айодент, но в данных спектрах отсутствует компонент 33. В свою очередь, компонент 33 имеется у линий группы Рейд, однако у них отсутствует компонент 23. Следовательно, совместное наличие в спектре компонентов 23 и 33 можно рассматривать как маркерную комбинацию группы Кремнистая Оттава.

Проанализировав типы спектров у линий гетерозисной группы Айодент, мы обнаружили, что комбинация компонентов 36-41-69 присутствует у всех изученных линий данной группы, в других группах она не встречается. Линии, в спектрах которых встречается сочетание компонентов 28-42, относятся только к группе Лакон. В то же время отдельный компонент 28 встречается у пред-

ставителей групп Кремнистая Оттава, Со 125, CG 12 и Рейд, но в этих спектрах нет компонента 42. Сочетание компонентов 32 и 45 выявлено только у линий гетерозисной группы Лизаргарат. Эти сочетания компонентов не обнаружены у представителей других групп. Среди изученных линий отдельный компонент 35 встречается довольно часто (в 37% случаях). Однако сочетание данного компонента с компонентом 40 наблюдается только у линий, относящихся к группе Ланкастер. Следовательно, данная комбинация может служить маркером, идентифицирующим линии данной гетерозисной группы. Отдельные компоненты 29, 33 и 37 встречаются у линий из разных гетерозисных групп. Комбинация 33-37 присутствует у линий группы Рейд и Кремнистая Оттава, 29-37 у линий групп Рейд и CG 12. Совместное присутствие в спектре трех компонентов имеет место только у линий группы Рейд. Таким образом, специфичной для спектров линий кукурузы группы Рейд является комбинация компонентов 29-33-37.

В гетерозисной группе Со 72-75 у изученных линий в электрофоретических спектрах обнаружены маркерные компоненты 25-34-45. Линии, имеющих сочетание компонентов 26-31-41, относятся к группе Со 125. Спектры с сочетанием компонентов 29-34 встречаются только у линий группы CG 12.

Выводы

1. Исследования показали, что по спектрам зеина можно идентифицировать и классифицировать самоопыленные линии кукурузы и в дальнейшем контролировать их генетическую целостность.
2. Сравнительный электрофоретический анализ не выявил отдельных компонентов зеина, характерных только для одной гетерозисной группы, обнаружено наличие 2-3 компонентов, которые совместно встречаются только у представителей определенной гетерозисной группы и могут служить маркерами определения принадлежности линий к той или иной гетерозисной группе.

Литература

1. *Кожухова, Н.Э.* Молекулярно-генетическая характеристика инбредных линий и простых гибридов кукурузы Zeamays L. / Н.Э. Кожухова, Б.Ф. Вареник, Ю.М. Сиволап // Факторы экспериментальной эволюції організмів: Зб. наук.праць. – К.: Аграрна наука, 2003. – С. 345-350.
2. *Комарова, Г.К.* Проявление эффекта гетерозиса у кукурузы на уровне белковых маркеров / Г.К. Комарова, А. Ротарь, А. Палий, А. Михалаки // Știința agricolă. – 2007. – № 2. – С. 11-16
3. *Конарев, В.Г.* Электрофорез зеина как метод идентификации, регистрации и анализа сортов, линий и гибридов кукурузы / В.Г. Конарев, В.В. Сидорова, Г.И. Тимофеева // С.-х. биология. – 1990. – № 3. – С. 167-177.
4. *Сидорова, В.В.* Анализ и регистрация линий, сортов и гибридов кукурузы по зеину методом электрофореза / В.В. Сидорова, Г.В. Матвеева, Г.И. Тимофеева // Методические указания и каталог белковых формул / под ред. В.Г.Конорева. – Спб.: РАСХН, ВИР, 1998. – 50 с.
5. *Сидорова, В.В.* Возможности использования зеиновых маркеров в повышении эффективности гетерозисной селекции кукурузы / В.В. Сидорова, Г.В. Матвеева, Ю.А. Керв, А.В. Конарев // Труды по прикл. бот., ген. и сел. – С-Пб.: ВИР, 2012. – Т 170. – С. 147-157.

6. Созинов А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции / А.А. Созинов. – М.: Наука, 1985. – 245 с.

CLASSIFICATION OF SELF-POLLINATED LINES OF MAIZE ON THE BASIS OF ELECTROPHORETIC MOBILITY OF ZEIN COMPONENTS
E.M. Govor, L.P. Shimansky

The paper states the results of the research of 38 lines of maize on seed storage proteins with the use of electrophoretic separation of zein components. On the basis of the data on electrophoretic mobility of zein components of inbred lines 2-3 zein components occurring only in the representatives of a certain heterotic group are identified. It's established, that components 23 and 33 occur in the lines of the Ottawa Flint group, combination 28-42 is typical of the lines of the La-caune group, 32-45 - of Lizargarate, 25-34-45-Co 72-75, 26-31-41-Co 125 , 29-34 - CG 12, 29-33-37 - Reid, 35-40 - Lancaster, 36-41-69 - Iodent.

УДК 631.52.6332.031/033.632.938

КЛАССИФИКАЦИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ПОВРЕЖДЕНИЮ СТЕБЛЕВЫМ КУКУРУЗНЫМ МОТЫЛЬКОМ

В.И. Кравцов, ст.н.с., **Л.П. Шиманский**, кандидат с.-х. наук
РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 01.02.2019)

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

Аннотация. В статье отражены результаты оценки селекционного материала кукурузы по полевой устойчивости к стеблевому кукурузному мотыльку на естественном фоне заселения (монокультура кукурузы). Проведено группирование самоопыленных линий кукурузы по комплексу показателей (заселяемость, антибиотическая устойчивость, источенность стебля вредителем, снижение урожайности и др.), характеризующих полевую устойчивость образца к стеблевому кукурузному мотыльку. Определена степень устойчивости селекционных образцов к стеблевому кукурузному мотыльку в зависимости от группы спелости и консистенции зерна, выделены источники устойчивости к вредителю.

Введение. В последнее время в Республике Беларусь актуальным вопросом является защита кукурузы от стеблевого кукурузного мотылька. Вредоносность данного вредителя в большей степени проявляется в южных областях республики, в которых высокая концентрация кукурузы на зерно и семена.

Вредоносность кукурузного (стеблевого) мотылька зависит от фазы развития растения, во время которой происходит питание. Наиболее вредоносны повреждения стебля до, во время и сразу после выметывания метелки. Чем ближе к созреванию, тем слабее повреждение влияет на продуктивность растения. Вредоносность кукурузного (стеблевого) мотылька также зависит от условий произрастания, скороспелости и сортовой устойчивости растений.

На кукурузе мотылек повреждает листья, стебли, метелки, початки (обертки, ножки початков, зерна). Наиболее опасны повреждения стеблей и початков, особенно в первый период вегетации кукурузы. Гусеницы выгрызают ткань в стеблях и ножках початков. Сильно поврежденные стебли переламываются.

Наклоненные и поломанные стебли затрудняют уборку и вызывают дополнительные потери урожая.

Радикальным и простым методом снижения численности вредителя является выращивание устойчивых сортов и гибридов кукурузы.

Несмотря на существование различных типов устойчивости, практический интерес представляет только антибиоз. Мировой опыт показывает, что, благодаря возделыванию устойчивых к вредителю гибридов, достигается снижение его численности ниже ЭПВ. Однако устойчивость растений к фитофагу на более поздних фазах развития кукурузы (выметывание, цветение и созревание) встречается редко.

Больше всего информации накоплено по устойчивости образцов кукурузы к вредителю в фазе листовой воронки, что связано с высокой ее эффективностью, простотой идентификации и относительной легкостью практического использования.

Как показывает мировой опыт, с наибольшей частотой устойчивость к кукурузному (стеблевому) мотыльку обнаруживается у растений до цветения (в фазу листовой воронки) [Guthrie et al., 1960; Guthrie, Dicke, 1972; Hudon, Chiang, 1985 и др.], тогда как позднее она весьма редка [Pesho et al., 1965; Barry et al., 1983; Barry, 1989; Guthrie, 1989; Mihm, 1985] и известен лишь один источник наследуемой природной устойчивости — линия В 52, а также несколько генотипов (BS9, В 86 и другие), созданных с ее использованием [Barry, 1989; Guthrie et al., 1970, 1989].

Методика и объекты исследований. Исследования проводили на опытных полях РНДУП «Полесский институт растениеводства в 2016-2018 гг. В качестве исходного материала были задействованы самоопыленные линии кукурузы из рабочей коллекции РНДУП «Полесский институт растениеводства», относящиеся к различным гетерозисным группам – 50 образцов, из них кремнистые линии – 20 образцов, зубовидные – 30 образцов.

Посев питомника на естественном провокационном фоне (монокультура кукурузы в течение 4-х лет) 21-25 апреля при среднесуточной температуре пахотного горизонта почвы 10 °С. Повторность опыта – однократная, учетная площадь делянки – 4,9 м².

Почва опытного участка – дерново-подзолистая связносупесчаная. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: рН (KCl) – 5,7, содержание P₂O₅ – 442 мг/кг, K₂O – 284 мг, Ca – 987 мг, Mg – 169 мг на 1 кг почвы, гумуса – 2,71%. Обработка почвы и уход за посевами – типичная под кукурузы в южной зоне Беларуси. Проводили фенологические наблюдения, оценку заселяемости вредителем, устойчивости кукурузы на стадии листовой воронки по степени поврежденности листьев, истонченности стебля; выносливости к повреждениям (устойчивость к ломкости стебля и снижению продуктивности).

Температурные и водные режимы вегетационных периодов за годы исследований (2016-2018 гг.) значительно различались.

Климатические условия вегетационного периода 2016 г. характеризовались как недостаточно благоприятные для роста и развития растений кукурузы. Сумма эффективных температур с апреля по сентябрь составила 1254,0 °С,

сумма осадков за этот период – 318,3 мм, ГТК = 0,94. Отличительной особенностью вегетационного периода 2016 г. являлась неравномерность выпадения осадков (чередование засушливых периодов и периодов с проливными дождями) и значительные перепады дневных и ночных температур.

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 °С, что на 13,8% меньше, чем в 2016 г. Сумма осадков за вегетационный период – 343,2 мм.

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 °С. Сумма выпавших осадков – 281,6 мм (для сравнения в 2017 г. – 343,2 мм, в 2016 – 318,3 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. Проведена классификация самоопыленных линий кукурузы по скороспелости – селекционный материал разбит на 5 групп спелости в зависимости от длины вегетационного периода – таблица 1.

Таблица 1 – Классификация самоопыленных линий кукурузы по скороспелости (среднее за 2016-2018 гг.)

Группа спелости	Дней от всходов до цветения початка (в среднем по всем образцам)	% от всех линий
Очень ранние	51-55	6,8
Раннеспелые	56-60	15,9
Среднеранние	61-65	42,9
Среднеспелые	66-70	27,3
Позднеспелые	71-75	7,7

В исходном материале 70,2% образцов были представлены среднеранней и среднеспелой группой спелости. Раннеспелых образцов (очень ранняя и раннеспелая группа) было 22,7%, позднеспелых – 7,7%.

В среднем за годы исследований начало яйцекладки бабочкой стеблевого кукурузного мотылька наблюдалось в третьей декаде июня, начало отрождения гусениц – конец июня – первая декада июля, заселение растений гусеницами стеблевого кукурузного мотылька – первая – вторая декада июля.

Отмечены различия у образцов по заселяемости стеблевым кукурузным мотыльком в зависимости от группы спелости образца. Максимальный процент заселяемости был у образцов из среднеранней и среднеспелой групп спелости – 50,1 и 55,2% соответственно. Образцы из очень ранней и раннеспелой групп

спелости имели более низкий процент заселяемости – 42,0 и 43,1% соответственно, позднеспелые образцы были заселены вредителем на 44,5%.

Отмечены различия по заселяемости образцов СКМ в зависимости от консистенции зерна: процент заселяемости кремнистых образцов составил 41,0%, зубовидных – 45,2%.

Исследуемые образцы были разбиты на группы в зависимости от процента заселяемости вредителем – 53,9% образцов имели средний уровень заселяемости вредителем (26-50%), 20,7% образцов – 51-75%, менее 25% и более 76% имело 14,1 и 11,4% образцов соответственно (рисунок 1).



Рисунок 1 – Градация образцов по заселяемости СКМ (среднее за 2016-2018 гг.)

Наблюдаются различия по устойчивости в фазу листовой воронки в градации самоопыленных линий кукурузы по годам (рисунок 2). Максимальный процент устойчивых форм отмечался в 2017 г. – 37,5%, минимальный в 2016 г. – 18,8%. К умеренно устойчивым в 2017 г. было отнесено 56,3% образцов, в 2016 г. и 2018 г. – 35,4 и 38% образцов.

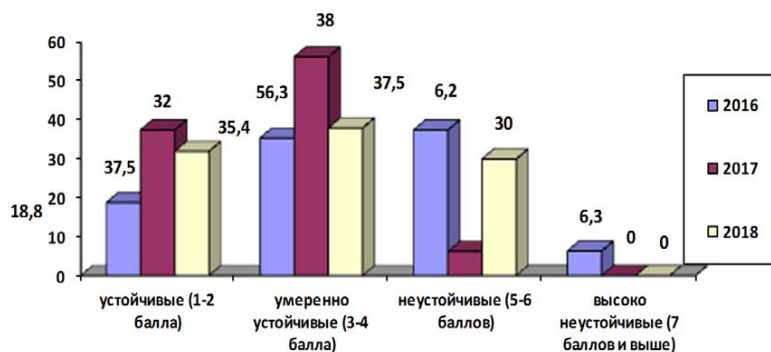


Рисунок 2 – Классификация самоопыленных линий кукурузы по устойчивости к вредителю в фазу листовой воронки (среднее за 2016-2018 гг.)

Не наблюдается четко выраженной зависимости устойчивости в фазу листовой воронки от группы спелости образца. В среднем за 3 года исследований максимальной устойчивостью обладали образцы из очень ранней группы спе-

лости – балл 2,9. При переходе к более поздним группам спелости устойчивость образцов снижалась – балл 3,3-3,7.

В среднем за годы исследований зубовидные самоопыленные линии в большей степени обладали устойчивостью к вредителю в фазу листовой воронки по сравнению с кремнистыми формами – 3,4 и 3,8 балла соответственно.

Проведена классификация исходного материала по степени источенности стебля вредителем (таблица 2). В исходном материале 84,0% образцов имели степень источенности стебля до 50% – устойчивые и среднеустойчивые формы, неустойчивые формы составили 15,3% образцов.

Таблица 2 – Классификация самоопыленных линий кукурузы по степени источенности стебля (среднее за 2016-2018 гг.)

Группа	Группа по устойчивости	% от всех образцов
Высокоустойчивые	ходов нет	0,7
Устойчивые	1-2 балла – источено до 25% междуузлий	51,4
Среднеустойчивые	3-5 баллов – источено 26-50% длины междуузлий	32,6
Неустойчивые	7 баллов – источено до 75% междуузлий	15,3
Высоко неустойчивые	9 баллов – источено до 100% междуузлий	0

Не наблюдается четко выраженной зависимости устойчивости к источенности стебля вредителем от группы спелости образца. Все образцы имели средний уровень источенности стебля – 3,7 (позднеспелые) – 4,6 (раннеспелые). Следует отметить в 2017 г. и 2018 г. тенденцию повышения устойчивости при переходе от ранних образцов к поздним.

Отмечены различия по источенности стебля в зависимости от консистенции зерна изучаемых образцов. В среднем за 3 года исследований кремнистые формы имели меньший процент источенности по сравнению с зубовидными – 3,8 балла и 4,4 балла соответственно.

Проведена классификация самоопыленных линий кукурузы по устойчивости к ломкости стебля (видимые потери урожая). По этому признаку исходный материал распределился следующим образом: 59,9% образцов имели сломов стебля до 50% (2-3 группа), 28,1% образцов – 51-75% (4 группа), 8,4% образцов – 76-100% (5 группа). Образцы, у которых отсутствовали сломы стебля, составили 3,6% (рисунок 3).

Наблюдаются различия по степени ломкости стебля в зависимости от группы спелости образца. Максимальный процент сломов стебля был у образцов из раннеспелой и среднеранней групп спелости – 52,0 и 51,8% соответственно. Образцы из очень ранней и позднеспелой групп спелости имели меньшее количество сломов – 32,8 и 36,5% соответственно.

Отмечены различия по степени ломкости стебля в зависимости от консистенции зерна изучаемых образцов. Зубовидные формы были более устойчи-

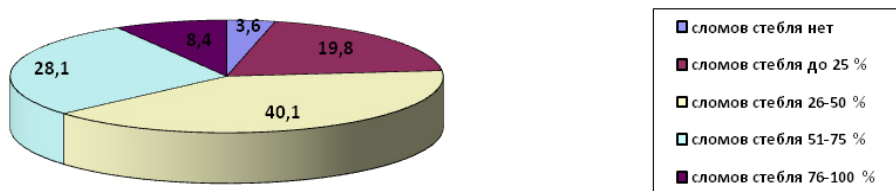


Рисунок 3 – Группирование исходного материала по устойчивости к ломкости стебля, (среднее за 2016-2018 гг.)

выми по сравнению с кремнистыми, процент сломов стебля у зубовидных форм составил 45,6%, что на 4,8% ниже, чем у кремнистых.

Проведена классификация исходного материала по снижению продуктивности от повреждений стеблевым кукурузным мотыльком. Установлено, что в исходном материале 84,5% образцов имели средний уровень устойчивости к повреждению СКМ, снижая урожайность до 50%, 15,5% образцов снижали урожайность от повреждения на 51-75% (рисунок 4).

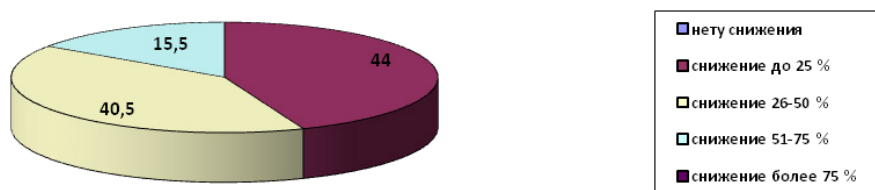


Рисунок 4 – Классификация самоопыленных линий по снижению продуктивности от повреждений СКМ (среднее за 2016-2018 гг.)

Не наблюдалось четко выраженной зависимости снижения продуктивности от повреждения СКМ в зависимости от группы спелости образца. Максимально снижали урожайность образцы из среднеспелой группы спелости – на 32,6%, минимально – образцы из очень ранней и позднеспелой групп спелости – на 23,6-23,9% соответственно.

По результатам трехлетних исследований выделены линии с комплексной полевой устойчивостью к стеблевому кукурузному мотыльку – источники устойчивости: **БКР 111, БКР 107, БКР 1984, БКР 804, БКР 703, БКР 205, БКР 201, БКР 601, БКР 505, БКР 60, БКР 41**, которые планируется использовать в селекционных программах по созданию гибридов кукурузы с устойчивостью к стеблевому кукурузному мотыльку.

Выводы

1. Максимальный процент заселяемости стеблевым кукурузным мотыльком был у образцов из среднеранней и среднеспелой групп спелости – 50,1 и 55,2%. Образцы из очень ранней и раннеспелой групп спелости имели более низкий процент заселяемости – 42,0 и 43,1% соответственно.

2. Максимальной устойчивостью в фазу листовой воронки обладали образцы из очень ранней группы спелости – балл 2,9. При переходе к более поздним группам спелости устойчивость образцов снижалась – балл 3,3-3,7.

3. Не наблюдается четко выраженной зависимости устойчивости к источенности стебля вредителем от группы спелости образца. Все образцы имели средний уровень источенности стебля – 3,7 (позднеспелые) – 4,6 (раннеспелые). Следует отметить в 2017 г. и 2018 г. тенденцию повышения устойчивости при переходе от ранних образцов к поздним.

4. Максимальный процент сломов стебля был у образцов из раннеспелой и среднеранней групп спелости – 52,0 и 51,8% соответственно. Образцы из очень ранней и позднеспелой групп спелости имели меньшее количество сломов – 32,8 и 36,5% соответственно.

5. Максимально снижали урожайность образцы из среднеспелой группы спелости – на 32,6%, минимально – образцы из очень ранней и позднеспелой групп спелости – на 23,6-23,9% соответственно.

Литература

1. Методические рекомендации по оценке кукурузы на комплексную устойчивость к вредителям и болезням. – М.: ВАСХНИЛ, 1989.
2. Методические указания по оценке полевой устойчивости кукурузы к стеблевому мотыльку. – Л.: ВИЗР, 1971.
3. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. – М., 1980.

CLASSIFICATION OF SELF-POLLINATED LINES OF MAIZE ON FIELD RESISTANCE TO EUROPEAN CORN BORER (PYRAUSTA NUBILALIS)

V.I. Kravtsov, L.P. Shimansky

The article reflects the results of the assessment of maize breeding material on field resistance to European corn borer (Pyrausta Nubilalis) on the natural background of colonization (maize monoculture). Self-pollinated lines of maize are grouped according to the number of indicators (colonization, antibiotic resistance, yield reduction and others) characterizing field resistance of an accession to European corn borer (Pyrausta Nubilalis). The degree of the accessions resistance to European corn borer (Pyrausta Nubilalis) depending on the group of grain ripeness and texture is determined. The sources of resistance to the pest are identified.

ДИНАМИКА ГОМОЗИГОТИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИ ДИВЕРГЕНТНЫХ И БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ГИБРИДОВ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В РЯДУ ПОКОЛЕНИЙ $F_2 - F_8$

*А.А. Козловский, Н.С. Купцов**, кандидат биол. наук
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

**Центральный ботанический сад НАН Беларуси*

(Поступила 10.01.2019)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. В статье излагаются закономерности наследования признака «окраска цветка» и динамика гомозиготизации генотипов в ряду поколений $F_2 - F_8$ внутривидовых эколого-географических и близкородственных гибридов люпина узколистного. Показано, что эколого-географическая гибридизация уклоняет функциональную диплоидию естественного тетраплоида люпина узколистного в сторону, характерную для экспериментальных авто- и аллотетраплоидов. Обсуждаются направления использования указанных закономерностей в селекции.

Введение. Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) является естественным тетраплоидом: $2_n=40$, $n=20$, $x=10$ [9]. В фитоэволюции полиплоидия играла исключительную роль. Более половины видов высших растений являются полиплоидами, а у культурных растений удельный вес полиплоидных видов достигает 80%. Оптимальным уровнем плоидности является тетраплоидия, реже гексоплоидия [5].

Люпин узколистный – самоопыляющийся вид. Центром его формообразования является Пиренейский полуостров, а центром происхождения культуры люпина узколистного считается Балканский полуостров с островами Эгейского моря. Из Древней Греции культура люпина узколистного распространилась далее в другие центры древних цивилизаций Средиземноморья, а в 19-м веке в страны Центральной, Северной и Восточной Европы, Америку, Австралию и Южную Африку [2, 3, 4, 9]. В настоящее время во многих странах мира (Австралии, Чили, Германии, Польше, России, Беларуси и др.) ведутся активные генетико-селекционные работы, направленные на выведение у этой культуры сортов с высоким потенциалом продуктивности и адаптивности. В 80-е – 90-е годы прошлого столетия созданы и освоены сельхозпроизводством интенсивные сорта люпина узколистного различного направления использования (сидеральные, кормовые, пищевые) с потенциальной урожайностью сухого вещества зеленой массы 10-12 т/га, семян 5-6 т/га [6].

Для дальнейшего повышения как качества продукции, так и потенциала продуктивности и адаптивности сортов люпина узколистного селекционеры оперативно вовлекают в работу генофонд истинных диких форм, одичавших культурных образцов древнего Средиземноморья, экстенсивных и интенсивных сортов, выведенных в разных селекционных учреждениях мира [1, 3, 6].

При этом в литературе имеются сведения о том, что эколого-географически отдаленные внутривидовые гибриды люпина узколистного проявляют характер наследования некоторых признаков, типичный для экспериментальных авто- и

аллотетраплоидов (сохранение высокого уровня гетерозиса в F_2 , появление триаллельных и тетрааллельных генотипов, существенное замедление гомозиготизации генотипов в ряду поколений и др.) [3, 7, 8].

Такой характер наследования признаков объясняется нарушением у генетически дивергентных гибридов функциональной диплоидии, сформированной у естественного тетраплоида люпина узколистного в ходе эволюции. Поэтому изучение у люпина узколистного генетических механизмов перехода функциональной диплоидии на уровень, характерный для экспериментальных тетраплоидов, является актуальным и многообещающим для практической селекции.

Цель исследований. Провести сравнительное изучение характера расщепления внутривидовых гибридов с использованием близкородственных и генетически дивергентных родительских форм по признаку «окраска цветка» в ряду поколений $F_2 - F_8$.

Материал, методы исследования. Объектом изучения являлись селекционные образцы люпина узколистного и внутривидовые гибриды разных поколений $F_2 - F_8$. Закладка опытов, проведение учетов и наблюдений, а также анализ полученных данных проводились по общепринятым в научно-исследовательских учреждениях методикам.

Результаты исследований. В ходе исследований проведен сравнительный анализ характера расщепления по признаку «окраска цветка» внутривидового близкородственного и генетически дивергентного гибрида в F_2 и последующих поколениях ($F_3 - F_8$). Изучена динамика гомозиготизации популяций гибридов в ряду поколений ($F_3 - F_8$).

Признак «окраска цветка» выбран для исследований в связи с тем, что он визуально легко и корректно диагностируется. Исследования проведены на двух гибридных комбинациях (*Heiropa x Agni*, *Heiropa x Opsianthus*). Образец *Heiropa* имеет розовые цветки, обусловленные действием мутантного рецессивного гена *fc01*, а таковые *Agni* и *Opsianthus* – синие, контролируемые диким (нормальным) геном *fc01*⁺. По генеалогии образцы *Heiropa* и *Agni* – близкородственны и являются типичными представителями люпина узколистного Балкано-азиатского геотипа, а именно *var. brunneus Kurl. et Stankev* и *var. danilii Kuptzov N.* Образец *Opsianthus* по старой ботанической классификации относился к самостоятельному виду *L. opsianthus Atabek*, родиной которого является побережье Португалии [10]. По новой классификации он принадлежит к люпину узколистному *var. marii Kuptzov N.* [4, 9]. Из указанного следует, что комбинация скрещивания *Heiropa x Opsianthus* представляет собой внутривидовой эколого-географический отдаленный гибрид люпина узколистного. В результате исследований установлено, что растения F_1 обоих гибридов имеют синие цветки, а в F_2 происходит расщепление в соотношении: 3 синецветковых: 1 розовоцветковый в комбинации скрещивания *Heiropa x Agni* и 35 синецветковых: 1 розовоцветковый в таковой *Heiropa x Opsianthus*.

Объяснить выше описанный характер расщепления гибридов люпина узколистного, являющегося естественным тетраплоидом, можно следующим образом. Так, у близкородственного гибрида *Heiropa x Agni* (*fc01*⁺ *fc01*⁺ *fc01* *fc01*), являющегося функциональным диплоидом, в мейозе растений F_1 имеет место

избирательная конъюгация гомологичных хромосом, в результате чего образуется два типа гамет: $Fcol^+ Fcol^+$ и $fcol fcol$. В F_2 , соответственно, при полном доминировании происходит расщепление по фенотипу в отношении 3 синецетковых: 1 розовоцветковый (рисунок 1). У генетически дивергентного гибрида люпина узколистного *Нейтра* x *Опсиантус* ($fcol^+ fcol^+ fcol fcol$), возможно, из-за нарушения функциональной диплоидии тетраплоидного организма все 4 гомологичные хромосомы свободно сочетаются при конъюгации в мейозе, что в конечном итоге приводит к образованию в F_1 трех типов гамет в отношении $1 fcol^+ fcol^+ : 4 fcol^+ fcol : 1 fcol fcol$. В F_2 этого гибрида при полном доминировании все растения, имеющие дикий ген $fcol^+$, фенотипически являются синецетковыми и, следовательно, расщепление в F_2 идет в отношении 35 синецетковых : 1 розовоцветковый (рисунок 2). Вероятно, свободному сочетанию всех 4 гомологичных хромосом при бивалентной конъюгации в мейозе у генетически дивергентного гибрида способствует как его гетерозиготность, так и гетерогеномность. Общеизвестно, что генетические системы, контролирующие тот или иной признак, в разных экологических нишах в большинстве случаев различаются между собой [11, 13, 14].

P	$fcol fcol fcol fcol$ розовоцветковый	x	$fcol^+ fcol^+ fcol^+ fcol^+$ синецетковый
Гаметы	$fcol fcol$		$fcol^+ fcol^+$
F₁	$fcol^+ fcol^+ fcol fcol$		
Гаметы F_1		$1 fcol^+ fcol^+$	$1 fcol fcol$
	$1 fcol^+ fcol^+$	$1 \frac{fcol^+ fcol^+}{fcol^+ fcol^+}$ синецетковые	$1 \frac{fcol fcol}{fcol^+ fcol^+}$ синецетковые
F₂	$1 fcol fcol$	$1 \frac{fcol^+ fcol^+}{fcol fcol}$ синецетковые	$1 \frac{fcol fcol}{fcol fcol}$ розовоцветковые

Рисунок 1 – Наследование окраски цветка у люпина узколистного комбинации скрещивания *Нейтра* x *Агни* (расщепление в соотношении 3:1)

Изучение динамики гомозиготизации популяций гибридов синецетковых растений в ряду поколений показало (рисунок 3), что у близкородственной комбинации скрещивания (*Нейтра* x *Агни*) к восьмому поколению расщепление по изучаемому признаку почти полностью затухает, то есть в F_8 все синецетковые популяции не выщепляют розовоцветковых растений. В отдаленной

P	$fc01\ fc01\ fc01\ fc01$ розовоцветковый	\times	$fc01^+\ fc01^+\ fc01^+\ fc01^+$ синецветковый
Гаметы	$fc01\ fc01$		$fc01^+\ fc01^+$
F₁	$fc01^+\ fc01^+\ fc01\ fc01$		
Гаметы F ₁	$1\ fc01^+\ fc01^+$	$4\ fc01^+\ fc01$	$1\ fc01\ fc01$
	$1\ fc01^+\ fc01^+$ $\frac{1\ fc01^+\ fc01^+}{fc01^+\ fc01^+}$ синецветковые	$4\ fc01^+\ fc01$ $\frac{4\ fc01^+\ fc01}{fc01^+\ fc01^+}$ синецветковые	$1\ fc01\ fc01$ $\frac{1\ fc01\ fc01}{fc01^+\ fc01^+}$ синецветковые
F₂	$4\ fc01^+\ fc01$	$16\ fc01^+\ fc01$	$4\ fc01\ fc01$
	$4\ fc01^+\ fc01$ $\frac{4\ fc01^+\ fc01}{fc01^+\ fc01}$ синецветковые	$16\ fc01^+\ fc01$ $\frac{16\ fc01^+\ fc01}{fc01^+\ fc01}$ синецветковые	$4\ fc01\ fc01$ $\frac{4\ fc01\ fc01}{fc01^+\ fc01}$ синецветковые
	$1\ fc01\ fc01$	$4\ fc01\ fc01$	$1\ fc01\ fc01$
	$1\ fc01\ fc01$ $\frac{1\ fc01\ fc01}{fc01\ fc01}$ синецветковые	$4\ fc01\ fc01$ $\frac{4\ fc01\ fc01}{fc01\ fc01}$ синецветковые	$1\ fc01\ fc01$ $\frac{1\ fc01\ fc01}{fc01\ fc01}$ розовоцветковые

Рисунок 2 – Наследование окраски цветка у люпина узколистного комбинации расщивания *Нейтра* x *Опсиантус* (расщепление в соотношении 35:1)

комбинации (*Нейтра* x *Опсиантус*) к 8 поколению еще 15% популяций расщепляется, то есть у них выщепляются розовоцветковые растения. Таким образом, отдаленная гибридизация вызывает нарушения в механизмах функциональной диплоидии тетраплоидного организма люпина узколистного, что и сказывается на замедлении расщепления.

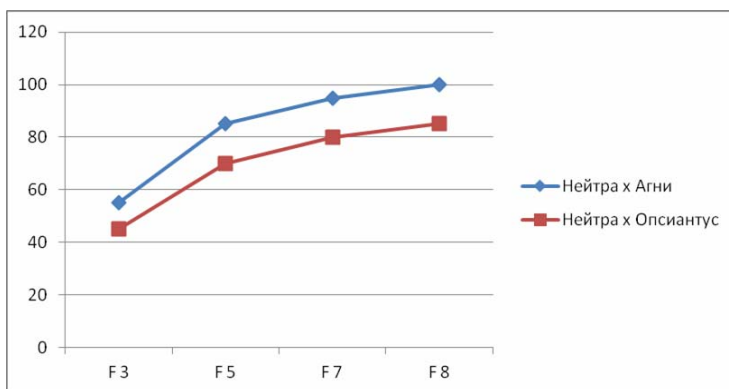


Рисунок 3 – Динамика гомозиготизации по окраске цветка синецветковых растений люпина узколистного в ряду поколений гибридов

Из изложенного выше видно, что у люпина узколистного отборы константных генотипов желательно проводить в F_5 гибридов от близкородственных скрещиваний (85% гомозигот) и в F_7 гибридов внутривидовых отдаленных скрещиваний (80% гомозигот). Для полного отражения спектра генотипического разнообразия F_2 в старших поколениях $F_3...F_n$ гибридов необходимо использовать традиционный метод «одно семя на потомство», в случае с люпином «один боб на потомство».

Следует особо подчеркнуть, что естественные тетраплоиды, к которым принадлежит люпин узколистный, в отличие от искусственных лишены всех тех недостатков, характерных для вторых, особенно «молодых», не подвергшихся длительной улучшающей селекции (неправильное расхождение хромосом в мейозе, низкая фертильность пыльцы, анеуплоидия, низкая семенная продуктивность). Это обусловлено тем, что естественные тетраплоиды в ходе эволюции прошли через длительный отбор, сохранивший только те из них, которые имели сбалансированный мейоз и хорошую приспособляемость к условиям среды [5, 13, 14].

Кроме того, многочисленными исследованиями установлено [13, 14], что экотипы разного уровня пloidности, сформированные в ходе эволюции в различных эколого-географических нишах, несут в генотипах своих элементарных признаков неаллельные друг другу гены. При гибридизации между собой таких экотипов расщепление в F_2 и последующих поколениях имеет четкий трансгрессивный характер, выходя за пределы выражения признаков родительских форм. Это дает реальную возможность отбирать в гибридном потомстве рекомбинантные генотипы с новыми значениями выражения элементарных признаков.

Целенаправленное же снятие с помощью внутривидовой эколого-географической гибридизации у естественных полиплоидов функциональной диплоидии и перевод их генетической системы на уровень, характерный для экспериментальных ауто- и аллоплоидов открывает реальную возможность максимально использовать нижеследующие положительные особенности функциональной полиплоидии [11-14].

1. Существенное увеличение числа возможных комбинаций генов в гаметах и зиготах, в том числе благоприятных, а, соответственно, повышение уровня генетического разнообразия как в целом, так и желательного. Например, гибрид 1-го поколения диплоидов (Aa) производит два типа гамет (A и a) и образует три типа зигот ($IAA : 2Aa : 1aa$), а у тетраплоидов ($AAAA$) гибрид 1-го поколения продуцирует три типа гамет (AA, Aa, aa) и имеет 5 типов зигот в соотношении : ($IAAAA : 8AAAA : 18AAaa : 8Aaaa : 1aaaa$).

2. Замедляется расщепление гетерозигот в популяции полиплоидных гибридов ($AA...aa...$). Так, например, после десяти поколений самоопыления у тетраплоида доля гетерозигот при хромосомном расщеплении составляет 23%, а при хроматидном – около 14%. У гибрида диплоида (Aa) за десять поколений самоопыления гетерозиготы из популяции полностью элиминируют. Для создания гомозиготных линий по многим генам на тетраплоидном уровне необходимо, по меньшей мере, 30 поколений инбридинга.

3. Появляются возможности нести (иметь) в одном генотипе более чем два аллеля одного гена, в том числе разных (у тетраплоидов – до четырёх, у гексаплоидов – до шести и т.д.), что увеличивает уровень гетерозиготности и расширяет генетическую основу элементарных признаков.

4. Только полиплоидия, увеличивая кратно аллельную емкость генотипов, дает реальную возможность совмещать в них разные аллели элементарного признака, а, соответственно, существенно изменять степень его выраженности, в том числе и в желательном для исследователя направлении.

5. Возникают за счет избыточного генетического материала новые аллели существующих локусов, что также приводит к увеличению генотипического разнообразия элементарных признаков.

6. Образуются за счет избыточной дупликации генов новые, ранее не существовавшие локусы, что обуславливает появление принципиально новых признаков и свойств.

7. Увеличивается частота случаев неполной экспрессии и пенетрантности генов. Например, у тетраплоидов некоторые доминантные гены не способны полностью проявиться при наличии трех рецессивных генов (*Aaaa*), так и рецессивные (при наличии одного доминантного).

8. Полиплоидный уровень способствует увеличению частоты образования химер – растений, содержащих отдельные органы, ткани, участки органов и тканей, которые генотипически отличаются от таковых морфобиотипов в норме. Общеизвестно, что химеры образуются в результате нарушения митоза, соматических мутаций и рекомбинаций генов. Из химерных семян или клубней снова вырастают химеры.

9. При изучении наследования признаков у эколого-географических гибридов естественных полиплоидов (как и у экспериментальных) не имеет силы «*Закон единообразия гибридов первого поколения*» (1-й закон Грегора Менделя).

Из изложенного видно, что полиплоиды, особенно при эколого-географических скрещиваниях, образуют в гибридном потомстве популяции, состоящие в основном из гетерозигот. В итоге полиплоидный организм имеет больше шансов на благоприятную комбинацию генов и аллелей, в том числе и обуславливающих гетерозис. Соответственно, способность полиплоидов обеспечивать высокий уровень гетерозиготности популяции является основой для поддержания гетерозиса в ряду поколений гибридов.

Таким образом, естественный тетраплоидный статус организма люпина узколистного является удобной генетической базой для целенаправленного синтеза внутривидовых гибридов на основе генетически дивергентных родительских форм с высоким уровнем выраженности признаков за счет использования их тетрааллельной емкости. Такие гибридные тетраплоидные организмы люпина узколистного могут нести максимум 4 разных аллеля одного гена, а не два, что имеет место у функциональных диплоидов. Это способствует значительному расширению генетической основы элементарных признаков. Мы полагаем, что целенаправленная внутривидовая генетически дивергентная (эколого-географическая) гибридизация люпина узколистного

дает возможность максимально использовать как гетерозиготность, так и гетерогенность тетраплоидного организма.

По сведениям современной эколого-географической классификации у люпина узколистного в генцентре его происхождения (Средиземноморье) имеется 7 четко ограниченных геотипов [4, 9], образцы которых можно с успехом использовать в синтезе сортов с «незатухающим гетерозисом».

Указанные сорта должны создаваться путем поэтапной конвергентной гибридизации образцов люпина узколистного, принадлежащих к разным геотипам (рисунок 4).

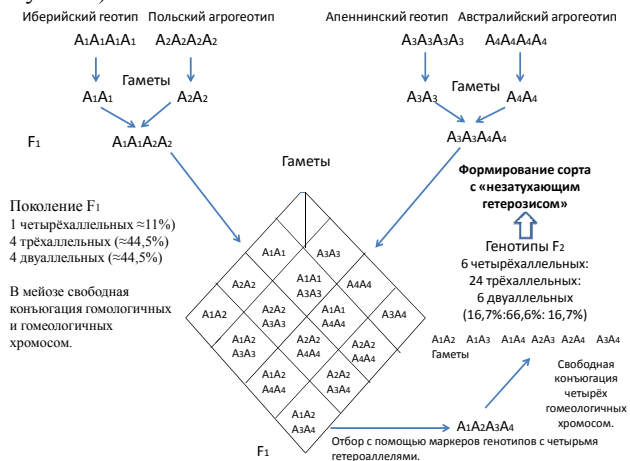


Рисунок 4 – Схема создания сортов люпина с «незатухающим гетерозисом»

Следует подчеркнуть, что на генетической основе изученного нами гибридного материала восьмого поколения (F_8) создано 7 однородных сортообразцов, которые переданы на хранение в Национальный банк генетических ресурсов растений РБ (№BC04000777, BC04000778, BC04000779, BC04000780, BC04000781, BC04000782, BC04000783). Три из них, обладающие высокой семенной продуктивностью (4,0...5,5 т/га), быстрым начальным темпом роста (8 баллов), раннеспелостью (90-95 суток), устойчивостью к полеганию (9 баллов), термонейтральностью и устойчивостью к комплексу болезней, проходят дальнейшее генетико-селекционное изучение, а также используются в процессе создания принципиально нового поколения фототермонейтральных сортов люпина узколистного многоцелевого использования.

Выводы

1. Установлено, что в F_2 близкородственного гибрида естественного тетраплоида люпина узколистного (*Нейтра x Агни*) происходит расщепление по признаку «окраска цветка» в соотношении: 3 синецветковых : 1 розовоцветковый, а такового отдаленного (*Нейтра x Опсиантус*) в соотношении 35 : 1.

2. Изучение динамики гомозиготизации гибридных синецветковых попомств в ряду поколений $F_2 - F_8$ показало, что у таких близких родственной комбинации скрещивания (*Heitpa x Agni*) к восьмому поколению расщепление по окраске цветков полностью прекращается, а в отдаленной комбинации скрещивания (*Heitpa x Opsiantus*) в восьмом поколении еще 15% популяций выщепляют розовоцветковые растения.

3. Внутривидовая генетически дивергентная гибридизация уклоняет функциональную диплоидию естественного тетраплоида люпина узколистного в сторону характерную для экспериментальных авто- и аллотетраплоидов, что необходимо использовать в селекции.

4. Рекомендуется, у люпина узколистного отборы константных генотипов проводить в F_5 гибридов от близких родственной скрещиваний и в F_7 гибридов внутривидовых генетически дивергентных скрещиваний.

5. На генетической основе гибридов 8-го поколения комбинаций скрещивания (*Heitpa x Agni*) и (*Heitpa x Opsiantus*) выведено 7 высокопродуктивных сортообразцов, обладающих быстрым темпом начального роста, раннеспелостью, термонейтральностью, устойчивостью к полеганию и комплексу болезней.

Литература

1. Cowling, W.A. Pedigrees and characteristics of narrow-leaved lupin cultivars released in Australia from 1967 to 1998 / W.A. Cowling. – Agric. WA. Bulletin 4365, May 1999. – 11 p.
2. Gladstones, J.S. Lupins of the Mediterranean region and Africa / J.S. Gladstones. – Western Australian Depart, of Agric., Technical Bulletin, No. 26, December, 1974. – p. 3–48
3. 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.
4. Kurlovich, B.S. Lupins. Geography, Classification, Genetic Researches and Breeding / B.S. Kurlovich [eds.]. – St. Petersburg, Publishing house «intan», 2002. – 468 p.
5. Зосимович, В.И. Жизненные формы, полиплоидия и эволюция видов семейств центровосемянных / В.И. Зосимович. – Цитология и генетика. – Киев: Наукова Думка, 1965. – С. 5–38.
6. Купцов, Н.С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посеы / Н.С. Купцов, И.П. Такунов. – Брянск, Клиницы : КРТ, 2006. – 576 с.
7. Стержневая генетическая коллекция *Lupinus angustifolius* L. Генетика, формирование биологического банка генов, использование / Н.С. Купцов, Ф.И. Привалов, И.С. Матыс / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2014. – 127 с.
8. Купцов, Н.С. Изучение гетерозиса по признаку «Масса 1000 семян» у гибридов люпина узколистного / Н.С. Купцов // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. трудов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» ; ред. колл. : Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск, 2012. – С. 358-368.
9. Курлович, Б.С. Эколого-географическая классификация люпина и ее использование в селекции : метод. указания / Б.С. Курлович. – Ленинград : ВИР, 1991. – 89 с.
10. Майсурия, Н.А. Люпин / Н.А. Майсурия, А.Н. Атабекова. – М. : «Колос», 1974. – 464 с.
11. Савченко, В.К. Генетика полиплоидии популяций / В.К. Савченко ; под ред. П.Ф. Рокицкого. – Минск. : Наука и техника, 1976. – 240 с.
12. Титок, В.В. Топинамбур в Беларуси / В.В. Титок [и др.] ; Национальная академия наук Беларуси, центральный ботанический сад. – Минск : Белорусская наука, 2018. – 263 с.
13. Фадеева, Т.С. Сравнительная генетика растений / Т.С. Фадеев, С.П. Соснихина, Н.М. Иркаева. – Л. : Издательство Ленинградская ун-та, 1980. – 248с.

14. Шевцов, Н.А. Генетические принципы улучшения аутополиплоидных растений / Н.А. Шевцов. – Киев : Академия наук Украинская ССР : Издательство «Навукова думка», 1976. – 216 с.

DYNAMICS OF HOMOZYGOSIS OF INTRASPECIES ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL AND KINDRED HYBRIDS OF BLUE LUPINE $F_2 - F_8$

A.A. Kozlovsky, N.S. Kuptsov

The article states the regularities of "flower color" character inheritance and dynamics of homozygosis of genotypes of intraspecies ecological and geographical and kindred hybrids of blue lupine $F_2 - F_8$. It is shown that ecological and geographical hybridization diverts functional diploidy of natural tetraploid of blue lupine to the side typical of experimental auto- and allotetraploids. The directions of the use of the stated regularities in breeding are discussed.

УДК 631.527

СЕЛЕКЦИЯ *FESTUCA TRACHYPHYLLA* В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ

Л.З. Байструк-Глодан, кандидат с.-х. наук

Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН

(Поступила 14.03.2019)

Рецензент: Клыга Е.Р., кандидат с.-х. наук

Аннотация. Представлены результаты изучения девяти селекционных образцов овсяницы шершаволистной по главным признакам: продолжительность вегетационного периода, высота растений, длина листьев, количество генеративных побегов, длина соцветия, масса семян с растения, масса 1000 семян, количество семян в соцветии. Существенный положительный коэффициент корреляции выявлен между «массой семян с растения - длина соцветия» и «массой семян с растения - количество семян в соцветии» ($r = 0,55; 0,88$).

Семейство злаковых (*Poaceae* Barnh.) – самое распространенное на земном шаре, оно занимает 60-90% всего состава природных травяных сообществ. В семействе злаковых известно около 1000 видов. Род овсяниц (*Festuca* L.) является одним из многочисленных представителей этого семейства, он включает более 300 видов, в составе которых немало редких и реликтовых [1-4]. Целый ряд биологических особенностей (например, плотно- или неплотнoderнинная жизненная форма, длительный жизненный цикл, высокая конкурентная способность и др.) предопределяет их доминантную роль в составе многих групп. Значение этого семейства ограничивается не только использованием на кормовые цели, созданием долговременных кормовых угодий, но и не менее важное значение имеет использование отдельных видов овсяниц для газонов и декоративных ландшафтов [5-8].

Festuca trachyphylla относится к группе *Festuca ovina* agg. Ее географическое распространение – зона умеренного климата в Северном полушарии. Это доминантный компонент ксеротермических видов [9, 10].

Поскольку овсяница шершаволистная является морфологически измененным видом группы *Festuca ovina*, это создает проблемы для систематики. Ее

изменчивость проявляется в основном в морфологическом и физиологическом строении. Среди самых больших проблем в изучении систематики рода *Festuca* является неравномерное (с географической точки зрения) изучение видов в разных частях мира, внимание только к отдельным (выбранным) таксонам и особенно невозможность сравнить данные, полученные разными авторами из-за использования ими различных подходов [11, 12].

Селекция овсяницы шершаволистной в западном регионе Украины в настоящее время ведется в направлении создания сортов, пригодных для закладки газонов (для газонной смеси и как декоративный отдельный вид).

Овсяница шершаволистная характеризуется засухоустойчивостью, декоративностью, хорошо отрастает после скашивания, формирует плотную дернину, хорошо растет на дерново-подзолистых среднекислых почвах. Овсяницу шершаволистную (*Festuca trachyphylla* Hack. Krajina) используют как компонент газонной смеси или для посевов, в которые включен только один вид: по краям газона, в затененных местах, подчеркивают величие и красоту архитектурных сооружений, цветочных композиций.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2015-2018 гг. на опытном поле Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН (Львовской обл., Украина). В коллекционном питомнике в течение 2016-2018 гг. изучали 9 сортообразцов.

Оценку исходного материала проводили согласно методикам: «Методические указания по изучению мировой коллекции многолетних кормовых трав» [13], «Методология селекции многолетних бобовых и злаковых трав в Прикарпатье» [8], «Формирование и сохранение генетического разнообразия кормовых и газонных трав в Прикарпатье» [14].

Не все признаки важны для использования травостоя в различных целях. Для газонов вводятся следующие: плотность дернины, декоративность, урожайность семян, отрастание после скашивания, прорастание весной, устойчивость к болезням, цвет травостоя осенью.

Результаты и обсуждение. Анализ отечественного и мирового опыта создания сортов злаковых трав для кормового и газонного назначения свидетельствует о том, что требования к ним разные [9, 11, 12]. Поэтому и работы по селекции сортов трав для газонов, пастбищ и сенокосов ведутся в кардинально противоположных направлениях. Хороший кормовой сорт должен иметь быстрый рост, способность обеспечивать максимальное количество зеленой массы высокого качества (повышенное содержание белка, высокую переваримость и питательность). Сорты для газонов, наоборот, должны обеспечивать быстрое прорастание семян и хорошее укоренение растений после сева, высокую конкурентную способность с сорняками, вегетативное размножение без образования семян, хорошее кущение, быстрое задернение поверхности участка, медленное отрастание после подкашивания, сочную, красивую зелень после скашивания, иметь красивую листовую массу, высокую устойчивость к болезням, минимальный уход, засухо- и морозоустойчивость.

Общая характеристика и элементы структуры урожая сортообразцов овсяницы шершаволистной приведены в таблице 1. Вегетационный период селек-

ционных номеров составлял 107-114 суток, высота растений 47,8-49,1 см. Высоким количеством генеративных побегов характеризовались образцы №01912, №01749, № 01748, №01746, №01745, №01231 (30-32 шт.). Масса семян с растения составила в среднем за 2016-2018 гг. 1,39-2,08 г.

Коэффициент вариации по изучаемым признакам был незначительным ($V = 1,17-6,01\%$), кроме признака количество семян в соцветии и масса семян с растения, где он был средним ($V = 12,64-12,72\%$) (таблица 1).

По плотности дернины, отрастанию после скашивания, прорастанию весной, устойчивостью к болезням, цвету травостоя осенью вышеупомянутые сортообразцы по девятибальной шкале заслуживают 8-9 баллов.

Для установления зависимостей между семенной продуктивностью и элементами структуры провели корреляционный анализ (таблица 2).

Взаимосвязь между урожайностью семян сортообразцов овсяницы шершаволистной с элементами структуры положительная. Существенный средний и высокий положительный коэффициент корреляции выявлен между массой семян с растения – длиной соцветий и массой семян с растения – количеством семян в соцветии ($r = 0,55; 0,88$). Поэтому отборы на повышение семенной продуктивности надо проводить по вышеуказанным признакам.

Средняя отрицательная ($r = -0,47$) зависимость выявлена между показателями масса семян с растения – продолжительность вегетационного периода.

Выводы

1. Селекционная работа с овсяницей шершаволистной в зоне Прикарпатья должна быть направлена на обогащение генетического разнообразия родственных диких растений путем сбора и создания нового исходного материала; раскрытие потенциала хозяйственных и биологических признаков с выделением источников этих признаков.

2. Вегетационный период селекционных номеров составил 107-114 суток, высота растений 47,8-49,1 см. Высоким количеством генеративных побегов характеризовались образцы №01912, №01749, №01748, №01746, №01745, №01231 (30-32 шт.). Масса семян с растения составила 1,39-2,08 г. Коэффициент вариации по изучаемым признакам был незначительным ($V = 1,17-6,01\%$), кроме признака количество семян в соцветии и масса семян с растения, где он был средним ($V = 12,64-12,72\%$).

3. Существенный положительный (средний и высокий) коэффициент корреляции выявлен между массой семян с растения – длина соцветия и массой семян с растения – количество семян в соцветии ($r = 0,55; 0,88$).

Литература

1. Бернадська, І.О. Огляд методичних підходів та діагностичних ознак у вивченні вузьколистих костриць (*Festuca L. subgen. Festuca*). Описова морфологія / І.О. Бернадська // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – 2012. – Т. 3 (10), № 1. – С. 9–30.

Таблица 1 – Продолжительность вегетационного периода и элементы структуры растений овсяницы шершаволистной (среднее за 2016-2018 гг.)

№ в каталоге ИСХКР НААН	Сортообразец	Продолжительность вегетационного периода, суток	Высота растений, см	Количество генеративных побегов, шт.	Длина листа, см	Длина соцветия, см	Масса 1000 семян, г	Количество семян в соцветии, шт.	Масса семян с растением, г
01913	Индивидуальный отбор	114	47,8	28	21,4	7,0	0,94	53	1,39
01912	Массовый отбор из с. Astravas	107	49,1	30	22,3	6,9	0,89	68	1,82
01911	Индивидуальный отбор из с. Astravas	107	48,4	29	24,7	7,1	0,92	72	1,92
01749	Индивидуальный отбор из дикорастущих популяций	108	48,7	31	23,4	7,4	0,91	51	1,58
01748	Гибридная популяция Astravas x Дикорастущая №1747	111	49,0	32	21,7	7,6	0,94	69	2,08
01747	Дикорастущая популяция	112	49,7	28	24,6	6,8	0,92	65	1,67
01746	Массовый отбор из № 1231	110	48,3	31	23,4	6,7	0,90	53	1,48
01745	Индивидуальный отбор из с. Astravas	109	48,4	32	21,7	7,1	0,89	64	1,82
01231	Astravas	108	49,1	30	22,4	7,2	0,93	67	1,87
Средне арифметическое, x		109,6	48,7	30,1	22,8	7,09	0,92	62,4	1,74
Стандартное отклонение, s		2,4	0,57	1,54	1,24	0,28	0,06	7,94	0,22
Коэффициент вариации, V		2,19	1,17	5,11	5,44	3,99	6,01	12,72	12,64

Таблица 2 – Корреляционно-регрессионная зависимость между урожайностью и элементами структуры (Y) сортообразцов овсяницы шершаволистой (X)

Показатель	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации, %	Уравнение регрессии
Масса семян с растения - количество генеративных побегов	0,39	15,21	$Y=25,39 + 2,71 X$
Масса семян с растения - количество семян в соцветии	0,88	77,44	$Y=7,68 + 31,47X$
Масса семян с растения - длина соцветия	0,55	30,25	$Y= 5,87+ 0,70X$
Масса семян с растения - масса 1000 семян	0,08	0,64	$Y=0,90 + 0,007X$
Масса семян с растения - продолжительность вегетационного периода	-0,47	22,09	$Y=2,76X - 0,89$

2. Conert, H.J. Poaceae (Echte Gräser oder Süßgräser)/ In G. Hegi [ed.], *Illustrierte Flora von Mitteleuropa* Aufl. 3. – Berlin: Parey Buchverlag, 1996. – Band I, Teil 3. – P. 561–633.

3. *Luszczynska, B.* Distribution of *Festuca ovina* group (Poaceae) species in the xerothermic communities of the Pińczów Hump and adjacent areas (southern Poland). In: Frey L. (ed.) *Studies on grasses in Poland* W. Szafer Institute of Botany. – Kraków: Polish Academy of Sciences, 2001. – P. 201–209.

4. *Pawlus, M.* Systematyka i rozmieszczenie gatunków grupy *Festuca ovina* L. w Polsce. Taxonomy and distribution of the *Festuca ovina* group in Poland / M. Pawlus // *Fragm. Flor. Geobot.* – 1985. – V. 29 (2). – P. 219–295.

5. Горбенко, Н.С. Формування газонів на території ботанічного саду НЛТУ України / Н.С. Горбенко, О. М. Гриник // Науковий збірник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23 (2). – С. 52–60.

6. Методика проведення експертизи сортів на відмітність, однорідність та стабільність (ВОС) (кормові культури) / Український інститут експертизи сортів рослин. – К., 2001. – С. 5–8.

7. Сердюк, М.А. Нові сорти низових злакових трав / М.А. Сердюк, О.М. Сердюк, О.В. Шкура // Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН». – 2008. – Вип. 2. – С. 110–120.

8. Методологія селекції багаторічних бобових і злакових трав у Передкарпатті : метод. рек. / Г.С. Коник [та інш.]. – Оброшино, 2015. – 100 с.

9. Dabrowska, A. Morpho-anatomical structure of the leaves of *Festuca trachyphylla* (Hack) krajina in the ecological aspect / Agnieszka Dabrowska // *Modern phytomorphology.* – 2012. – V. 1. – P. 11–12.

10. Markgraf-Dannenberg, I. *Festuca* L. / I. Markgraf-Dannenberg // *Flora Europaea.* – 1980. – № 5. – P. 125–153.

11. Identification of fine-leaved species of genus *Festuca* by molecular methods / V. Stukonis [et.al.] // *Pakistan Journal of Botany.* – 2015. – V. 47 (3). – P.1137–1142.

12. *Kanapeckas, J.* Development of the new varieties for lawns / J. Kanapeckas, V. Stukonis // *Material of the International Scientific Conference of the Lithuanian Institute of Agriculture «Plant breeding: scientific and practical aspect», Lithuania, 3–5 July, 2007.* – Dotnuva, 2007. – P. 73–75.

13. Методические указания по изучению мировой коллекции многолетних кормовых трав / [П.А. Лубенец и др.]. – М., 1971. – 24 с.

14. Формування та збереження генетичного різноманіття кормових і газонних трав у Передкарпатті : методичні рекомендації / Г. С. Коник [та інш.] // Оброшино, 2015. – 51 с.

FESTUCA TRACHYPHYLLA BREEDING IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN REGION OF THE UKRAINE
L.Z. Baistruk-Glodan

The paper presents the results of the study of nine breeding accessions of Festuca trachyphylla on the basis of the main characters: duration of the vegetation period, plant height, leaf length, number of generative shoots, inflorescence length, seed weight per plant, 1000 seed weight, number of seeds per inflorescence. A significant positive correlation coefficient between the "seed weight per plant - inflorescence length" and "seed weight per plant - number of seeds per inflorescence" ($r = 0,55; 0,88$) is identified.

УДК 631.53.01:633.11:631.8:631.67

УРОЖАЙНОСТЬ СЕМЯН СОРТОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ (TRITICOSECALE WITT.) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИКРОУДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

С.А. Заець, кандидат с.-х. наук, **Е.С. Фундират**, научный сотрудник
Институт орошаемого земледелия НААН Украины, г. Херсон
(Поступила 11.05.2019)

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

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по изучению влияния обработки растений микроудобрениями на урожайность и выход кондиционных семян сортов озимого тритикале в условиях орошения. Установлено, что при обработке материнского растения новых перспективных сортов озимого тритикале Богодарськое, Букет и Раритет микроудобрениями Гумифилд (50 г/га), Наномикс (2 л/га) и Нановит микро (2 л/га) увеличивается урожайность и выход кондиционных семян. Максимальные значения урожайности семян и выхода кондиционного материала (5,74 т/га и 70,49 %) были получены на сорте озимого тритикале Богодарськое при применении Нановит микро. Доказана тесная корреляционная связь между урожайностью зерна и выходом кондиционных семян ($r=0,96-0,98$).

Озимое тритикале в Украине выращивают на небольшой площади. Ориентировочно площади посева составляют 95-110 тыс. га, а валовой сбор достигает около 350 тыс. т [1]. Незначительное распространение этой культуры в Украине было связано с отсутствием национального стандарта на зерно тритикале. Начиная с 2007 г. вступил в силу национальный стандарт ДСТУ 4762: 2007 «Тритикале. Технические условия», а с октября 2009 г. вступил в действие ДСТУ 4960: 2008 «Мука из зерна тритикале. Технические условия», но в настоящее время ситуация с популяризацией и распространением этой культуры остается незаслуженно на низком уровне [1, 2].

Проанализировав литературные источники, пришли к выводу, что такая ситуация связана с небольшим количеством районированных сортов и их высококачественного посевного материала, отсутствием организации семеноводства культуры, современных технологий ускоренного размножения семян в разных зонах Украины, рынка сбыта и т.д. [1-3].

Привлечение и расширение ассортимента сортов тритикале в семеноводческом процессе в различных природно-климатических зонах Украины, совершенствование технологических аспектов выращивания кондиционного посевного материала будет служить толчком увеличения производства высококачественного продовольственного и кормового зерна и ценной, сбалансированной по питательным элементам, зеленой массы.

В засушливых условиях юга Украины в условиях орошения озимое тритикале исследовано недостаточно, а на семенные цели исследования не проводились, то есть, для обеспечения производства высококачественных семян необходимо усовершенствовать технологию выращивания новых перспективных сортов озимого тритикале в семенных посевах на орошаемых землях юга Украины, что и являлось целью наших исследований.

Материалы и методика. Исследования проводили в 2015-2016 гг. в Институте орошаемого земледелия НААН на Ингулецком орошаемом массиве согласно существующим методикам полевых и лабораторных исследований [4, 5]. Почва темно-каштановая, среднесуглинистая, слабосолонцеватая с содержанием гумуса 2,3%. Плотность метрового слоя почвы составляет 1,37 г/см³. Наименьшая влагоемкость (НВ) составляет 20,3% от массы абсолютно-сухой почвы, а влажность увядания (ВВ) – 9,1%. Предшественником под озимое тритикале была соя на зерно (раннеспелый сорт *Диона*). Учетная площадь делянки – 31,5 м², повторность четырехкратная.

В опытах использовали общепринятую технологию выращивания озимого тритикале в Южной Степи Украины. Высевали сорта озимого тритикале (фактор А): *Богодарское*, *Букет* и *Раритет*, которые внесены в Государственный реестр сортов растений, пригодных для распространения в Украине [6]. Сеяли нормой высева 4 млн/га всхожих семян.

Удобрения в виде аммиачной селитры в дозе N₆₀ вносили под основную обработку почвы во всех вариантах опыта (фон). В виде внекорневой подкормки в фазу весеннего кущения применяли микроудобрения (фактор В): Гумифилд (50 г/га), Наномикс (2 л/га) и Нановит микро (2 л/га).

Для формирования высокопродуктивных семенных посевов сорта в исследуемые годы высевали в третьей декаде сентября – первой декаде октября на фоне влагозарядкового полива нормой 500-600 м³/га. Полив проводили с помощью дождевального агрегата ДДА-100МА. Влажность посевного слоя почвы при появлении всходов составляла 80-86% НВ.

Уборку осуществляли комбайном Sampo-130. Учет урожая проводили последующим взвешиванием и пересчетом на стандартную влажность и 100% чистоту, после чего зерно проходило очистку, калибровку и доведение до посевных кондиций на зерноочистительной машине Пектус.

Статистическую обработку данных проводили согласно общепринятым методикам с использованием компьютерной техники и электронных программ [7].

Результаты и обсуждение. В результате проведенных полевых исследований установлено, что урожайность зерна сортов озимого тритикале была на высоком уровне – от 6,55 до 7,57 т/га. Применение микроудобрений при изучении

сортов озимого тритикале способствует повышению их зерновой продуктивности и обеспечивает прибавку урожайности зерна 0,16-0,73 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зерна озимого тритикале в зависимости от применения микроудобрений, т/га (среднее за 2015-2016 гг.)

Сорт (А)	Микроудобрения (В)				Среднее по фактору А
	Контроль	Гумифилд	Наномикс	Нановит микро	
Богодарское	6,84	7,30	7,40	7,57	7,28
Раритет	6,55	6,89	6,78	7,11	6,83
Букет	6,91	7,15	7,07	7,49	7,16
Среднее по фактору В	6,77	7,11	7,09	7,39	

Оценка существенности частных различий НИР₀₅, т/га, А=0,42; В=0,33

Оценка существенности средних (главных) эффектов НИР₀₅, т/га, А=0,21; В=0,19

Наибольшую урожайность зерна сорта озимого тритикале *Богодарское*, *Раритет* и *Букет* формируют при применении микроудобрения Нановит микро. Этот препарат обеспечил прибавку урожайности зерна 0,73, 0,56 и 0,58 т/га, в то время как в контроле уровень урожайности составил 6,84, 6,55 и 6,91 т/га. В среднем по фактору А (сорт) наибольшая урожайность зерна была сформирована сортом *Богодарское* – 7,28 т/га, что выше сортов *Раритет* и *Букет* соответственно на 0,45 и 0,12 т/га.

В среднем по фактору В (микроудобрение) наибольшую зерновую продуктивность обеспечило применение на посевах микроудобрения Нановит микро – 7,39 т/га, что больше контрольного варианта на 1,28 т/га. Несколько меньшая прибавка зерна на сортах получена при использовании микроудобрений Гумифилд и Наномикс – 1,0 и 0,98 т/га, при уровне урожайности 7,11 и 7,09 т/га. Следует отметить, что ошибка существенной разницы по этому фактору составляет 0,19 т/га, что свидетельствует о достоверности результатов.

В зависимости от применения микроудобрений сорта озимого тритикале формировали семенную продуктивность от 4,52 до 5,34 т/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность семян озимого тритикале в зависимости от обработки посевов микроудобрениями, т/га (среднее за 2015-2016 гг.)

Сорт (А)	Микроудобрения (В)			
	Контроль	Гумифилд	Наномикс	Нановит микро
Богодарское	4,45	5,05	5,08	5,34
Раритет	4,22	4,60	4,52	4,88
Букет	4,49	4,86	4,72	5,14

Оценка существенности частных различий НИР₀₅, т/га, А=0,34; В=0,22

В контрольных вариантах урожайность семян сортов озимого тритикале составляла 4,22-4,49 т/га, что на 0,23-0,89 т/га меньше, чем с микроудобрения-

ми. Наибольшую семенную продуктивность обеспечил сорт *Богодарское* при применении Нановит микро – 5,34 т/га, что на 0,89 т/га больше по сравнению с контролем. Микроудобрения Наномикс и Гумифилд обеспечили почти одинаковую урожайность семян – 5,08 и 5,05 т/га соответственно, что на 0,63-0,6 т/га больше контроля.

Немного ниже урожайность семян обеспечил сорт *Букет*. При использовании препарата Нановит микро получили 5,14 т/га, прибавка составляла 0,65 т/га. Микроудобрение Наномикс на этом сорте способствовало получению дополнительно 0,23 т/га семян с урожайностью 4,72 т/га, а препарат Гумифилд – 0,37 и 4,86 т/га, соответственно.

При применении этих микроудобрений наименьшую урожайность семян (соответственно 4,88, 4,52 и 4,60 т/га) формировал сорт *Раритет*. Однако в сравнении с контролем микроудобрения также и на этом сорте обеспечили повышение продуктивности на 0,66, 0,30 и 0,38 т/га.

Уровень прибавки, обеспеченный применением удобрений Нановит микро, Наномикс и Гумифилд, является достоверным по отношению к контролю. Прибавка, полученная от применения Нановит микро, на всех сортах была достоверной как к контролю, так и к другим вариантам. Разница между урожайностью при использовании микроудобрений Наномикс и Гумифилд находилась в пределах ошибки опыта ($НСР_{05} B=0,22$ т/га). Не обнаружено существенной разницы в урожайности между сортами *Раритет* и *Букет*, а также между сортами *Богодарское* и *Букет*, поскольку $НСР_{05}$ для частных различий составила 0,34 т/га.

Вместе с тем, анализируя в среднем по фактору А (сорт) данные семенной продуктивности озимого тритикале, установлено, что она зависела как от сорта, так и уровня урожайности зерна. Так, в среднем сорт *Богодарское*, который имел лучшую урожайность зерна, формировал и наибольшую урожайность семян – 4,98 т/га, что выше на 0,43 и 0,18 т/га сортов *Раритет* и *Букет*, у которых семенная продуктивность составила 4,55 и 4,80 т/га, соответственно. Разница между сортами является достоверной ($НСР_{05} A = 0,17$ т/га) (рисунок 1).

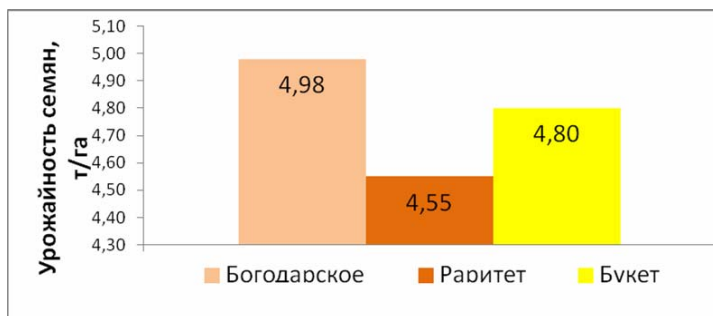


Рисунок 1 – Урожайность семян озимого тритикале в зависимости от сорта (фактор А)

Применение исследуемых микроудобрений нового поколения в фазу конца кущения обеспечивает увеличение урожайности семян озимого тритикале, что является важным в процессе производства семян различных репродукций (рисунок 2).

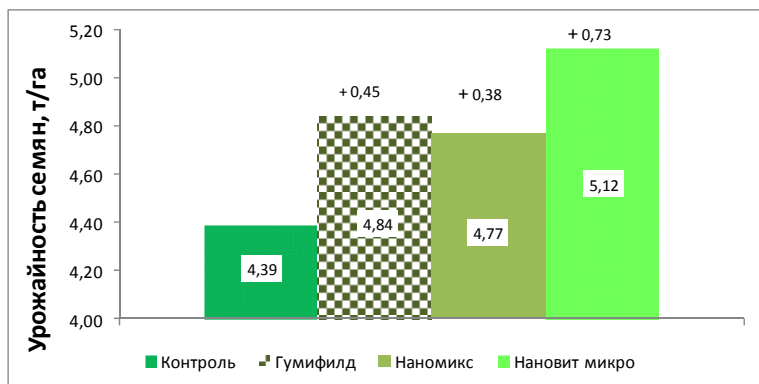


Рисунок 2 – Урожайность семян озимого тритикале зависимости от обработки микроудобрениями (фактор В)

В среднем по годам наибольшая прибавка семян получена при внесении микроудобрения Нановит микро – 0,73 т/га, несколько меньшая при использовании Гумифилд – 0,45 т/га и Наномикс – 0,39 т/га. При этом уровень семенной продуктивности соответственно составил 5,12, 4,84 и 4,77 т/га. В контрольном варианте (без применения микроудобрений) семенная продуктивность была ниже и составила 4,39 т/га.

Следует отметить, что в сравнении с контролем применение всех микроудобрений является достоверным. Также достоверно лучшим был вариант с применением микроудобрения Нановит микро относительно Гумифилда и Наномикса, которые между собой не отличались. Ошибка опыта по фактору В составила 0,13 т/га.

Установлено, что выход кондиционного семенного материала сортов озимого тритикале был на уровне 64,93-70,49% (таблица 3). Применение микроудобрений способствовало повышению выхода кондиционных семян озимого тритикале на 1,86-5,44%.

Наибольший выход кондиционного семенного материала был у сорта *Богдарское* – 65,05-70,49%. Максимальный выход кондиционных семян (70,49%) получен при применении микроудобрения Нановит микро. Этот препарат способствовал образованию дополнительно 5,44% кондиционных семян. У этого же сорта применение микроудобрений Гумифилд и Наномикс обеспечило выход семян 69,12 и 68,70%, что на 4,07 и 3,65% больше, чем в контроле.

Чуть меньше кондиционного семенного материала было у сорта *Букет* – 64,93-68,66%. Максимальный выход кондиционных семян также получен при

Таблица 3 – Выход кондиционных семян озимого тритикале в зависимости от обработки микроудобрениями, % (среднее за 2015-2016 гг.)

Сорт (А)	Микроудобрения (В)				Среднее по фактору А
	Контроль	Гумифилд	Наномикс	Нановит микро	
Богодарское	65,05	69,12	68,70	70,49	68,34
Раритет	64,33	66,79	66,67	68,60	66,60
Букет	64,93	67,99	66,79	68,66	67,09
Среднее по фактору В	64,77	67,97	67,39	69,25	
Оценка существенности частных различий НСР ₀₅ , т/га, А=1,89; В=0,58					
Оценка существенности средних (главных) эффектов НСР ₀₅ , т/га, А=0,95; В=0,33					

применении микроудобрения Нановит микро – 68,66%, что больше контроля на 3,73%. При применении микроудобрений Гумифилд и Наномикс выход семян составлял 67,99 и 66,79%, что на 3,06 и 1,86% больше, чем в контроле.

Меньше всего кондиционных семян было получено у сорта *Раритет* – 64,33-68,60%. Аналогично предыдущим сортам, самый большой процент выхода семян получен при использовании микроудобрения Нановит микро – 68,60%, прибавка к контролю от этого препарата составила 4,28%. Прибавка выхода семян в вариантах с препаратами Гумифилд и Наномикс почти одинакова – 2,46 и 2,34%, выход семян при этом составлял 66,79 и 66,67% соответственно.

В среднем по фактору А (сорт) наибольший выход семенного материала был получен у сорта *Богодарское* – 68,34%, что выше сортов *Раритет* и *Букет* на 1,74 и 1,25% соответственно (НСР₀₅ равнялась 0,95%).

В среднем по фактору В (микроудобрение) наибольший выход кондиционного семенного материала обеспечило применение микроудобрения Нановит микро – 69,25%, что больше контрольного варианта на 4,48%. Несколько меньшая прибавка кондиционных семян получена при использовании микроудобрений Гумифилд и Наномикс – 3,2 и 2,6%, выход семян при этом составлял 67,97 и 67,39%. Следует отметить, что ошибка опыта по этому фактору составляла 0,33%, что свидетельствует о достоверности результатов.

Нами были установлены коэффициенты корреляции между урожайностью зерна, семян и выходом кондиционных семян озимого тритикале в зависимости от сорта и микроудобрений. В наших условиях между урожайностью зерна и семян озимого тритикале установлена сильная связь ($r=0,98$), теснота которой по мере повышения урожайности зерна возрастает (рисунки 3, 4).

Корреляция между урожайностью семян и выходом кондиционного семенного материала сортов озимого тритикале *Богодарское*, *Раритет* и *Букет* в зависимости от микроудобрений в условиях орошения сильная ($r=0,96$), что свидетельствует о тесноте связи между ними.

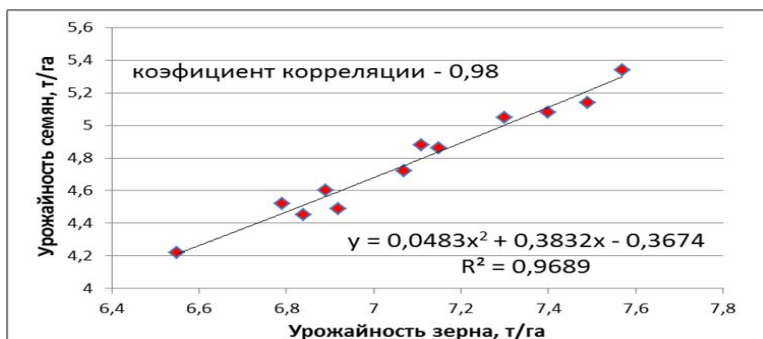


Рисунок 3 – Статистическая модель зависимости урожайности зерна и урожайности кондиционных семян сортов озимого тритикале

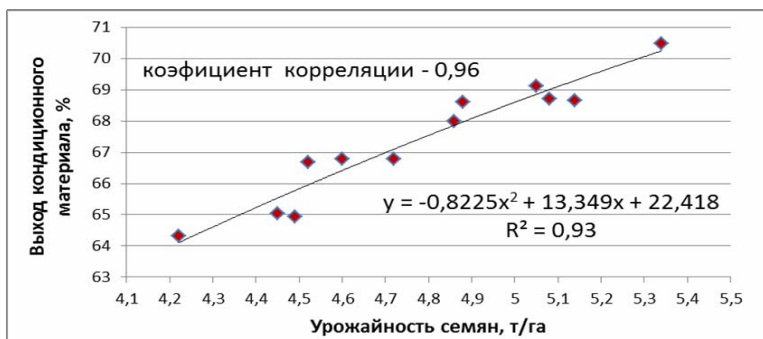


Рисунок 4 – Корреляционная модель зависимости урожайности семян и выхода кондиционных семян сортов озимого тритикале

Выводы

1. В зависимости от сорта и применяемых микроудобрений зерновая продуктивность сортов достигала 6,55-7,57 т/га, семенная 4,22-5,34 т/га при выходе кондиционных семян 64,93-70,49%.

2. Семенная продуктивность озимого тритикале зависит от сорта и от обработки микроудобрениями. Максимальный уровень семенной продуктивности получен у сорта *Богодарское* – 5,34 т/га при выходе кондиционного семенного материала 70,49% в варианте использования внекорневой подкормки микроудобрением Нановит микро (2 л/га).

3. Между урожайностью зерна и семян, выходом кондиционного семенного материала озимого тритикале установлена сильная связь ($r=0,96-0,98$), что свидетельствует о тесноте связи между ними.

Литература

1. Щипак, Г.В. Селекция гексаплоидных тритикале на підвищення активних властивостей, урожайності і якості зерна / Г.В. Щипак // Основи управління продукційним процесом

польових культур: монографія [В. В. Кириченко, В.П. Петренко, Л.Н. Кобизева та ін.]; за редакцією В. В. Кириченка. – Х.: ФОП Бровін О. В., 2016. – С.313-372.

2. Лукашук, Л. Зернокормова культура Полісся / Л. Лукашук, В. Плакса // Аграрний тиждень. Україна. – 2012. – № 32. – С. 8.

3. [Тарасюк, С.І.](#) Triticosecale Wittmack ex. A. Camus: значення, стан у часі на прикладі євразійського простору / С. І. Тарасюк // [Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області](#). – 2014. – Вип. 17. – С. 169-190.

4. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р. А. Вожегової. Херсон : Гринь Д.С.. – 2014. – 286 с.

5. Охорона прав на сорти рослин // Методика державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні. – К.: Алефа, 2003. – 106 с.

6. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 р. // Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України. – Київ., 2019. – 451 с.

7. [Ушкаренко, В.А.](#) Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговоеводство / В.А. Ушкаренко [и др.]. – Москва: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с.

YIELD OF SEEDS OF WINTER TRITICALE (*Triticosecale* Witt.) VARIETIES DEPENDING ON MICROFERTILIZERS IN IRRIGATION CONDITIONS

S.A. Zayets, E.S. Fundirat

The paper presents the results of the research into the influence of plants treatment with microfertilizers on the yield and output of seeds of winter triticale varieties in irrigation conditions. It's established that treatment of the mother plant of new promising varieties of the winter triticale Bogodarskoye, Buket, Raritet with the microfertilizers Gumifild (50 g/ha), Nanomix (2 l/ha) and Nanovit micro (2 l/ha) increases the yield and output of seeds. The maximum yield of seeds and output of conditioned material (5.74 t / ha and 70.49%) is obtained on the variety of winter triticale Bogodarskoye using the Nanovit micro. The correlation between the yield and output of seeds ($r=0,96-0,98$) is also established.

УДК 635.11: 631.53.01: 631.674.6 (477.72)

ВЫРАЩИВАНИЕ СЕМЯН СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ БЕЗВЫСАДОЧНЫМ СПОСОБОМ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ

Н.П. Косенко, кандидат с.-х. наук, **Е.А. Бондаренко**, научный сотрудник

Институт орошаемого земледелия НААН Украины, г. Херсон

(Поступила 15.03.2019)

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

Анотация. *Представлены результаты исследований основных элементов технологии беспересадочного выращивания семян свеклы столовой при капельном орошении юга Украины. Установлено, что при посеве в первой декаде сентября густота стояния растений весной была в 1,3 раза больше, чем при посеве во второй декаде сентября. Предзимнее укрытие соломой и нетканым укрывным материалом увеличило количества растений, которые хорошо перезимовали, на 180,2% и 170,9% соответственно. Урожайность семян, полученных при посеве в первой декаде сентября, была на 189,6% больше. При укрытии растений соломой урожайность составляет 0,72 т/га, агроволокном – 0,73 т/га, что в два раза больше, чем без укрытия. Влияние элементов технологии на посевные и сортовые качества семян является не существенным.*

Семена корнеплодных растений выращивают двумя способами: высадочным и безвысадочным. При первом способе маточные корнеплоды после зимнего хранения и осеннего отбора высаживают рано весной. Так выращивают оригинальные, гибридные, сертифицированные семена свеклы столовой. Урожайность семян в зависимости от условий выращивания колеблется от 1,0 до 2,0 т/га [1]. На перспективность безвысадочного семеноводства указывают исследования многих ученых [2, 3, 4]. Американские ученые этот способ называют «семена из семян», то есть маточные растения от посевов во второй половине лета зимуют в поле, а весной цветут и формируют цветоносные побеги и семена [5]. В Украине сертифицированные семена корнеплодных культур (сахарная, кормовая свекла, морковь столовая) безвысадочным способом выращивают в южных районах Херсонской и Одесской областей. Выращивание семян этим способом в условиях юга Украины имеет ряд преимуществ: погодноклиматические условия являются благоприятными для успешной перезимовки маточных растений; отпадает необходимость зимнего хранения и высадки маточных корнеплодов, что значительно снижает общие расходы на выращивание семян; растения лучше используют весенние запасы влаги и раньше отрастают цветоносные побеги [6]. Однако в отдельные годы возможно значительное вымерзание маточников. Урожайность семян в значительной степени зависит от фазы развития корнеплодов на конец осенней вегетации и перезимовки растений [7]. Критической температурой вымерзания семенников является 10 °С мороза на глубине 10 см на протяжении 5 суток, что отвечает среднесуточной температуре воздуха 10-13 °С мороза при отсутствии снежного покрова. При севе в третьей декаде августа и густоте маточников на конец осенней вегетации 350 тыс. шт./га урожайность семян кормовой свеклы при капельном орошении составила 1,6-1,8 т/га [2]. За 30-летний период исследований вали мониторинг сохранности растений показал, что полное вымерзание маточников наблюдалось в Одесской области дважды, в Херсонской – пять раз [8]. В Крыму проведены исследования по безвысадочному семеноводству свеклы столовой, где выявлено, что срок посева семян и защита растений от зимних морозов – это решающие факторы успеха. Установлено, что оптимальный срок посева – вторая декада августа с подсевом в междурядья свеклы семян озимой ржи нормой 45 кг/га. В среднем за три года получена урожайность 1,21 т/га семян, их всхожесть составила 80,2%. Полученные семена имели себестоимость на 45% меньше, чем при базовой технологии [9]. Пятилетние исследования в условиях Ташкентской области Узбекистана свидетельствуют, что при посеве 20 августа урожайность семян свеклы столовой была 3,29 т/га, при посеве 10 сентября – 2,71 т/га [10]. В условиях Дагестана безвысадочное выращивание дает возможность значительно снизить затраты энергоресурсов и позволяет получать семена высоких посевных и урожайных качеств [11]. Этот способ одноразово применяют для выращивания репродукционных семян, которые используют для получения товарной продукции [1, 3].

Цель исследований – оптимизация основных элементов технологии безвысадочного выращивания семян свеклы столовой для обеспечения высокой продуктивности при капельном орошении в условиях юга Украины.

Материалы и методика проведения исследований. Исследования проводили на орошаемых землях опытного поля лаборатории овощеводства Института орошаемого земледелия НААН Украины в 2013-2015 гг. Почва опытного участка темно-каштановая слабосолонцеватая среднесуглинистая с глубиной гумусового горизонта 45-50 см. Содержание гумуса в пахотном (0-30 см) слое почвы 2,5%, общего азота – 0,18%, подвижного фосфора – 4,9 мг, обменного калия – 32,0 мг на 100 г абсолютно сухой почвы. Наименьшая влагоемкость в слое почвы 0-50 см составляет 23,2; в 0-100 см – 22,0; в 150 см – 21,3. Плотность сложения 0-50 см слоя почвы – 1,4-1,6 г/см³.

Полевой опыт закладывали методом расщепленных делянок по схеме: фактор А – срок посева: первая декада сентября, вторая декада сентября; фактор В – предзимнее укрытие: без укрытия (контроль), укрытие прессованной соломой, укрытие нетканым материалом агроволокно (спанбонд); фактор С – густота стояния растений: 200 тыс. шт./га, 300 тыс. шт./га. Схема посева 50+90 см. Повторность опыта четырехкратная, общая площадь делянки – 14 м², учетная – 10 м². Объектом исследований являлись семенные растения свеклы столовой сорта *Бордо харьковская*, который внесен в Реестр сортов Украины. Предшественник – чистый пар. Для укрытия растений использовали прессованную солому слоем 10-12 см, агроволокно плотностью 30 г/м². Укрытие маточных растений проводили 1 декабря (средняя многолетняя дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С). Учеты, измерения и наблюдения в опытах проводили согласно требованиям методических рекомендаций [12, 13]. Статистическая обработка данных была проведена методом дисперсионного анализа для опытов, заложенных методом расщепленных делянок по В.А. Доспехову [14, с 256], с использованием компьютерной программы Agrostat.

Результаты исследований и обсуждение. Наши исследования показали, что в среднем за годы исследований сохранность маточников после зимы при первом сроке посева была выше, чем при более позднем сроке. На делянках, посеянных в первой декаде сентября, густота стояния растений весной составила в среднем 26,1 тыс. шт./га, что в 1,3 раза больше, чем при посеве во второй декаде сентября. Укрытие соломой способствовало увеличению количества растений, которые хорошо перезимовали, на 15,5 тыс. шт./га (180,2%), а под агроволокном сохранилось на 14,7 тыс. шт./га (170,9%) больше растений, чем без укрытия.

В зимний период 2014-2015 гг. сложились наиболее благоприятные условия для перезимовки маточников свеклы столовой. Густота стояния растений после зимы при раннем посеве и без укрытия была 20,0-30,0 тыс. шт./га, при укрытии соломой – 26,7-36,7 тыс. шт./га, агроволокном – 49,2-52,5 тыс. шт./га. Урожайность семян в вариантах опыта раннего срока посева в 2013 г. составила 0,19-1,17 т/га, в 2014 г. – 0,09-1,44 т/га, в 2015 г. – 0,54-1,85 т/га (таблица 1). Данные по урожайности свидетельствуют о том, что при раннем посеве урожайность семян была значительно выше, чем при посеве во второй декаде сентября. Так, урожайность семян при посеве в первой декаде сентября в среднем по фактору составила 0,84 т/а, что на 189,6% больше, чем во второй срок посева. При предзимнем укрытии растений соломой получена урожайность

Таблица 1 – Семенная продуктивность свеклы столовой (среднее за 2013-2015 гг.)

Срок посева (фактор А)	Укрытие растений (фактор В)	Густота стояния, тыс. шт./га (фактор С)	Урожайность семян, т/га			
			2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее
Первая декада сентября	Без укрытия	200 (к)	0,19	0,10	0,54	0,28
		300	0,22	0,09	0,81	0,37
	Укрытие соло- мой	200	1,17	1,44	0,62	1,08
		300	1,03	1,37	0,88	1,09
	Укрытие агро- волоком	200	0,44	1,03	1,53	1,00
		300	0,63	1,10	1,85	1,19
Вторая декада сентября	Без укрытия	200	0,05	0,16	0,20	0,14
		300	0,06	0,17	0,26	0,16
	Укрытие соло- мой	200	0,18	0,48	0,33	0,33
		300	0,19	0,58	0,35	0,37
	Укрытие агро- волоком	200	0,11	0,29	0,57	0,32
		300	0,17	0,47	0,60	0,41
НСР ₀₅ для фактора А			0,06	0,10	0,06	
НСР ₀₅ для фактора В			0,06	0,18	0,12	
НСР ₀₅ для фактора С			0,04	0,12	0,08	

*Примечание: (к) – контрольный вариант

0,72 т/га, при использовании агроволокна – 0,73 т/га, что в два раза больше, чем без укрытия. Из изучаемых факторов наименьшее влияние на семенную продуктивность оказала густота стояния растений. Увеличение густоты стояния семенных растений с 200 до 300 тыс. шт./га обеспечило прибавку урожайности 13,2%. Нашими исследованиями установлено, что наибольшую урожайность семян 1,19 т/га сформировали растения на опытных делянках, которые посеяны в первой декаде сентября, замульчированные соломой, и с густотой стояния растений осенью 300 тыс. шт./га. Во всех вариантах опыта наибольшая урожайность семян была в 2015 г. Урожайность семян при посеве в первой декаде сентября в среднем по фактору была 1,04 т/га, что на 0,65 т/га больше, чем при более позднем посеве. Использование агроволокна дало прибавку урожая 0,69 т/га при НСР₀₅ 0,12 т/га по сравнению с делянками без укрытия растений. При максимальной густоте стояния семенных растений получена прибавка урожая 0,16 т/га при НСР₀₅ 0,08 т/га.

За вегетацию семенных растений в 2012-2013 гг. на опытных делянках было проведено 7 поливов, оросительная норма составила 1050 м³/га; в 2013-2014 гг. проведено 9 поливов, оросительная норма – 1140 м³/га; в 2014-2015 гг. – 5 поливов, оросительная норма – 640 м³/га.

Анализ посевных качеств семян показал, что масса 1000 семян у опытных образцов была в пределах 17,9-19,9 г, энергия прорастания – 68,0-75,0%, лабораторная всхожесть – 90,0-96,0% (таблица 2).

На посевные качества семян свеклы столовой сроки посева не имели существенного влияния. В среднем за годы исследований при севе в первой декаде

Таблица 2 – Посевные качества семян свеклы столовой (среднее за 2013-2015 гг.)

Срок посева (фактор А)	Укрытие растений (фактор В)	Густота стояния, тыс. шт./га (фактор С)	Посевные качества семян		
			масса 1000 се- мян, г	энергия про- растания, %	лаборатор- ная всхо- жесть, %
Первая декада сентября	Без укрытия	200	19,40	72,0	93,0
		300	18,70	68,0	91,0
	Укрытие соло- мой	200	19,13	72,0	93,0
		300	18,83	71,0	93,0
	Укрытие агроволо- лком	200	19,30	75,0	96,0
		300	19,20	73,0	94,0
Вторая декада сентября	Без укрытия	200	18,27	70,0	90,0
		300	17,90	71,0	91,0
	Укрытие соло- мой	200	18,03	73,0	92,0
		300	18,40	70,0	92,0
	Укрытие агроволо- лком	200	18,10	73,0	93,0
		300	17,90	73,0	93,0
НСР ₀₅ для фактора А			0,45	3,6	3,6
НСР ₀₅ для фактора В			0,40	2,9	2,4
НСР ₀₅ для фактора С			0,31	1,2	1,8

сентября масса 1000 семян увеличивается на 5,5%. Факторы А и В также имели незначительное влияние на качество семян, что подтверждается результатами дисперсионного анализа. Укрытие маточников агроволокном способствовало увеличению энергии прорастания семян в среднем по опыту на 3,3% по сравнению с вариантом без укрытия. При раннем посеве лабораторная всхожесть семян была выше на 1,5%, при использовании агроволокна – на 2,8%. Посевные качества семян отвечают требованиям ДСТУ 7160:2010, которые предъявляются к сертифицированным семенам первой репродукции свеклы столовой (РС₁=80%) [15]. Семена, полученные в опыте, высевали для анализа сортовой чистоты и урожайных свойств. Результаты грунтового контроля свидетельствуют о том, что семена, полученные при безвысадочном способе, имеют такие показатели сортовой чистоты: в 2013 г. – 95,0%, в 2014 г. – 96,5%, в 2015 г. – 97,5%, в эталонном варианте соответственно 97,0; 97,5; 98,0%. Таким образом, срок сева, предзимнее укрытие и густота стояния семенных растений свеклы столовой существенно не влияют на сортовую чистоту семян в потомстве. По результатам данных исследований получен патент на полезную модель «Безвысадочный способ виросування насіння буряку столового за краплинного зрошення півдня України».

Выводы

1. При посеве в первой декаде сентября густота стояния растений после зимы была в 1,3 раза больше, чем при позднем посеве. Максимальная урожайность семян 1,19 т/га получена при посеве в первой декаде сентября, укрытии

прессованной соломой и густоте стояния семенных растений осенью 300 тыс. шт./га.

2. Укрытие семенных растений соломой и агроволокном способствует лучшей их перезимовке и увеличению урожайности семян в два раза. Увеличение густоты стояния семенных растений с 200 до 300 тыс. шт./га обеспечивает существенную прибавку урожайности – 13,2%.

3. На посевные качества семян сроки посева, укрытие растений и густота семенников существенно не влияют. Полученные семена имеют лабораторную всхожесть 90,0-96,0% и отвечают требованиям государственного стандарта для семян свеклы столовой первой репродукции.

Литература

1. Насінництво і насіннезнавство овочевих і баштанних культур / Т.К. Горова [та ін.]; ред. Т.К. Горова. – К.: Аграрна наука, 2003. – 327 с.

2. *Балан, В.Н.* Биология и агротехника безвсадочных семенников корнеплодных культур в орошаемых условиях юга Украины / В.Н. Балан, А.Е. Тарабрин, А.В. Корнейчук; под ред. В.Н. Балана. – К.: Нора-принт, 2001. – 350 с.

3. *Лудилов, В.А.* Выращивание семян двулетних овощных культур и редиса без пересадки маточников / В.А. Лудилов, В.М. Кононыхина. – М.: Глобус. – 2001. – 111 с.

4. *Тарабрін, О.Є.* Рекомендації по вирощуванню насіння кормового буряку безвсадковим способом / О.Є. Тарабрін // Землеробство. – 2008. – Вип. 80. – С. 68-78.

5. *Ashworth, S.* Seed to Seed: Seed Saving and Growing Techniques for Vegetable Gardeners / S. Ashworth, K. Whealy // 2-nd Edition, Seed Saver Pubns. – 2002. – 228 p.

6. *Федорчук, В.Г.* Агротехнічні умови вирощування коренеплідних культур на насіння безвсадковим способом у зрошуваних умовах півдня України: автореф. канд. с.-г. наук; спец. 06.01.09 «Рослинництво» / В.Г. Федорчук. – Херсон. – 1998. – 16 с.

7. *Шашлов, О.П.* Совершенствование элементов технологии выращивания семян моркови при беспересадочной культуре в условиях Ростовской области: автореф. канд. с.-х. наук / О.П. Шашлов. – М. – 2005. – 24 с.

8. *Балан, В.М.* Безвсадковий спосіб вирощування насіння цукрових буряків: історія розвитку, стан та перспективи / В.М. Балан // [Цукрові буряки](#). – 2012. – № 4. – С. 9-11.

9. *Немтинов, В.И.* Изменчивость урожайности семян свеклы столовой при беспересадочном выращивании в Крыму / В.И. Немтинов, Ю.Н. Костанчук // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – Вып. 1(5). – С. 74-82.

10. *Адилов, М.М.* Эффективность способов семеноводства столовой свеклы в Узбекистане / М.М. Адилов // Генофонд и селекция растений: материалы I Международной науч.-практ. конф. (9-13 апреля 2013 г., Краснообск): Сиб. НИИ растениеводства и селекции. – Новосибирск, 2013. – С. 78-82.

11. *Гусейнов, Ю.А.* Выращивание семян моркови и свеклы беспересадочным способом / Ю.А. Гусейнов, Н.М. Велижанов // Горное сельское хозяйство. – 2016. – № 3. – С. 153-157.

12. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За ред. Г.Л. Бондаренко, К.І. Яковенко. – Харків: Основа, 2001. – 369 с.

13. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р.А. Вожеговой. – Херсон: Гринь Д.С., 2014. – 286 с.

14. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. 5 изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

15. *ДСТУ 7160:2010* «Насіння овочевих, баштанних, кормових і пряноароматичних культур. Сортові і посівні якості. Технічні умови». – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 27 с.

RED BEET SEED PRODUCTION USING DIRECT PLANTING METHOD WITH DRIP IRRIGATION OF THE SOUTH OF UKRAINE

N.P. Kosenko

Presented are the results of the research on the basic elements of the direct planting technology for red beet seed production with drip irrigation of the south of Ukraine. It's established that with planting for the first decade of September the density of plants in spring is 1,3 times more than with planting for the second decade. Covering with straw and nonwoven material before winter increases the number of plants by 180,2 % and 170,9 % respectively. The yield of seeds planted for the first decade of September is 189,6% higher. When plants are covered with straw their yield is 0,72 t/ha and when they are covered with agrotexile their yield is 0,73 t/ha what is two times more than without covering. The influence of the elements of the technology on the qualities of seeds is not significant.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Алещенкова З.М.	57
Анисимова Н.В.	240
Артюх Д.Ю.	233, 332
Байструк-Глодан Л.З.	373
Бакановская А.В.	272
Бандарчук В.А.	64, 319
Безлюдный В.Н.	39, 139, 146, 304
Белановская М.А.	99
Белявский В.М.	57
Беляева И.Н.	9
Берестов И.И.	132, 139, 146
Бирюкович А.Л.	174
Бобко Н.Н.	260
Бондаренко Е.А.	385
Боровик А.А.	188
Булавин Л.А.	17, 39, 99
Булавина Т.М.	104, 119
Буштевич В.Н.	64, 304, 319
Васько П.П.	157, 194
Власов А.Г.	104, 119
Влащук А.Н.	75
Вожегова Р.А.	75, 278
Войтова В.Н.	70, 126
Володькин Д.Н.	174
Вязов Е.В.	312
Гвоздов А.П.	17, 39, 99
Гвоздова Л.И.	32, 254
Говор Е.М.	290, 353
Гордей С.И.	126, 312
Горовая М.М.	332
Гриб С.И.	319
Грибанов Л.Н.	4
Гринь В.В.	240
Дашкевич М.А.	64
Демидась Г.И.	166
Долгова Е.Л.	139
Дробит А.С.	75
Дуктова Н.А.	221
Евсеенко М.В.	32, 254
Заець С.А.	378
Зубкович А.А.	139
Исаченко С.А.	87, 151
Карпович О.Н.	332

Квитко Г.П.	166
Квитко М.Г.	166
Кильчевский А.В.	240
Кишко Р.Д.	188
Клыга Е.Р.	157, 194
Козловский А.А.	240, 365
Косенко Н.П.	385
Кот В.В.	126
Кравцов В.И.	343, 358
Крайко Т.С.	254
Кранцевич В.Д.	99
Крицкая В.В.	188
Крицкий М.Н.	32, 240, 254
Куделко В.Н.	112
Кузнецова Н.А.	221
Купцов Н.С.	365
Куркина Г.Н.	49
Куцев Д.Н.	39, 99
Лапутько Е.В.	132
Ленский А.В.	39
Лужинская Н.А.	246
Лукашевич Т.Н.	57, 81, 93
Лукьянюк Н.А.	23
Лученок А.Н.	126
Малярчук А.С.	9
Малярчук Н.П.	9
Марковская Е.Е.	9
Мельников Р.В.	132
Мельникова Т.В.	228
Мельниченко А.В.	278
Минина Е.М.	221
Надточаев Н.Ф.	49, 174
Наумович И.М.	81, 272
Павловская А.Н.	272
Петренко Н.М.	64, 319
Пикун О.А.	272
Пилюк Я.Э.	57, 81, 93, 201, 260, 272
Погорелова В.А.	212
Позняк Е.И.	64, 319
Пынтиков С.А.	17
Радюк М.С.	312
Решетник Е.П.	57
Ровдо М.В.	93
Ровдо Т.В.	233, 332
Романович А.Н.	174

Сафронова Г.В.	57
Сацюк И.В.	126, 312
Седукова Г.В.	87, 151
Семенова Т.В.	272
Скируха А.Ч.	4
Соловей Ю.С.	332
Стабровская А.Т.	246
Степанова Н.В.	207
Сысолятин Е.Н.	240
Тимченко Е.А.	87
Тихомирова Т.В.	254
Трушко А.А.	325
Турук Е.В.	23
Урбан Э.П.	283, 332
Усенья А.А.	4
Фундират Е.С.	378
Халецкий С.П.	04, 119, 325
Ханкевич В.А.	99
Холодинская Н.Л.	49
Хомяк М.М.	183
Чекель Е.И.	188
Черепок И.А.	188
Шальго Н.В.	312
Шанбанович А.Ю.	126
Шаповалов А.В.	93
Шемпель Т.П.	132
Шепель А.В.	75
Шиманский Л.П.	290, 343, 353, 358
Шишлова Н.П.	295, 304
Шлапунов В.Н.	174
Шор В.Ч.	32, 240, 254

СОДЕРЖАНИЕ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

<i>Скируха А.Ч., Грибанов Л.Н., Усеня А.А.</i> Хозяйственный баланс азота в полевых севооборотах в зависимости от структуры посевов и использования соломы	4
<i>Марковская Е.Е., Малярчук Н.П., Беляева И.Н., Малярчук А.С.</i> Энергетическая и экономическая эффективность технологий выращивания культур при различных системах основной обработки почвы и удобрения в орошаемом севообороте юга Украины	9
<i>Пынтиков С.А., Гвоздов А.П., Булавин Л.А.</i> Влияние гербицидов на засоренность посевов и урожайность зерна озимой пшеницы	17
<i>Лукьянюк Н.А., Турук Е.В.</i> Эффективность применения гербицида Бетанал МаксПро, МД на посевах сахарной свеклы	23
<i>Евсеенко М.В., Шор В.Ч., Крицкий М.Н., Гвоздова Л.И.</i> Новый комбинированный гербицид Корум, ВРК в системе защиты посевов гороха от сорняков	32
<i>Булавин Л.А., Гвоздов А.П., Куцев Д.Н., Ленский А.В.</i> Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы при разных уровнях интенсивности технологии	39
<i>Надточаев Н.Ф., Холодинская Н.Л., Куркина Г.Н., Володькин Д.Н.</i> Сравнительная эффективность инсектицидных и фунгицидных протравителей семян кукурузы	49
<i>Пиллюк Я.Э., Белявский В.М., Решетник Е.П., Лукашевич Т.Н., Алещенко З.М., Сафронова Г.В.</i> Эффективность применения микробных препаратов при инокуляции семян озимого рапса	57
<i>Бушневич В.Н., Позняк Е.И., Дашкевич М.А., Петренко Н.М., Бандарчук В.А.</i> Влияние нормы высева и фракционного состава семян на урожайность тритикале ярового	64
<i>Войтова В.Н.</i> Влияние норм высева семян на урожайность зерна озимой пшеницы	70
<i>Вожегова Р.А., Влащук А.Н., Дробит А.С., Шепель А.В.</i> Влияние сроков сева и густоты стояния на высоту растений гибридов кукурузы в орошаемых условиях юга Украины	75
<i>Наумович И.М., Пиллюк Я.Э., Лукашевич Т.Н.</i> Особенности развития рапса ярового в зависимости от сроков сева	81
<i>Седукова Г.В., Исаченко С.А., Тимченко Е.А.</i> Использование древесной золы в качестве удобрения и мелиоранта на загрязненной радионуклида-	87

ми территории

- Пилюк Я.Э., Лукашевич Т.Н., Безлюдный В.Н., Ровдо М.В., Шаповалов А.В.* 93
Эффективность азотных удобрений при возделывании озимого рапса
- Булавин Л.А., Гвоздов А.П., Куцев Д.Н., Кранцевич В.Д., Белановская М.А., Ханкевич В.А.* 99
Эффективность использования соломы овса и азотных удобрений в технологии возделывании озимой пшеницы
- Власов А.Г., Халецкий С.П., Булавина Т.М.* 104
Агроэкологические и экономические аспекты интенсификации технологии возделывания овса
- Куделко В.Н.* 112
Влияние отдельных элементов технологии возделывания на урожайность проса посевного
- Власов А.Г., Халецкий С.П., Булавина Т.М.* 119
Эффективность инсектицидов для защиты посевов овса от вредителей
- Сацюк И.В., Гордей С.И., Лученок А.Н., Кот В.В., Шанбанович А.Ю., Войтова В.Н.* 126
Результаты изучения показателей качества зерна, муки и их сопряженной изменчивости при разных технологиях возделывания озимой пшеницы
- Берестов И.И., Мельников Р.В., Лапутько Е.В., Шемпель Т.П.* 132
Корреляция отзывчивости сортов и образцов яровой мягкой пшеницы на применение азотного удобрения с морфофизиологическими показателями растений
- Берестов И.И., Долгова Е.Л., Безлюдный В.Н., Зубкович А.А.* 139
Изменчивость показателя обменной энергии в зависимости от биохимического состава зерна ярового ячменя, используемого на корм сельскохозяйственных животных
- Безлюдный В.Н., Берестов И.И.* 146
Определение содержания обменной энергии в зерне ярового ячменя с использованием ближней инфракрасной спектроскопии
- Седукова Г.В., Исаченко С.А.* 151
Влияние агрохимических показателей почвы на параметры перехода и предельные плотности загрязнения почв радионуклидами для производства нормативно чистой продукции озимого рапса
- Клыга Е.Р., Васько П.П.* 157
Формирование высокопродуктивных бинарных агрофитоценозов на основе люцерны и фестулолиума
- Демидась Г.И., Квитко М.Г., Квитко Г.П.* 166
Особенности формирования продуктивности различными экотипами люцерны посевной в условиях правобережной Лесостепи Украины
- Шлапунов В.Н., Надточаев Н.Ф., Романович А.Н., Бирюкович А.Л.* 174
Зависимость питательной ценности люцерны посевной от нормы высева семян и срока уборки
- Хомяк М.М.* 183
Стабильность урожая сухого вещества у сортов ежи сборной

<i>Черепок И.А., Боровик А.А., Чекедь Е.И., Кишко Р.Д., Крицкая В.В.</i> Урожайность бобово-злаковых травосмесей на основе эспарцета песчаного	188
<i>Васько П.П., Клыга Е.Р.</i> Способ подбора компонентов травосмесей для высокопродуктивных сенокосных травостоев	194
<i>Пилюк Я.Э.</i> Экономическая эффективность производства маслосемян озимого и ярового рапса	201
<i>Степанова Н.В.</i> Влияние обменной кислотности почвы на урожайность и качество семян льна-долгунца	207
<i>Погорелова В.А.</i> Урожайность плодов и семян томата при капельном орошении в южной Степи Украины	212

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

<i>Дуктова Н.А., Кузнецова Н.А., Минина Е.М.</i> Скрининг мирового генофонда яровой твердой пшеницы по продуктивности и качеству зерна	221
<i>Мельникова Т.В.</i> Результаты изучения мировой коллекции озимой мягкой пшеницы по основным хозяйственно-ценным признакам в условиях Республики Беларусь	228
<i>Ровдо Т.В., Артюх Д.Ю.</i> Источники хозяйственно-ценных признаков в коллекции озимой ржи	233
<i>Анисимова Н.В., Крицкий М.Н., Шор В.Ч., Гринь В.В., Козловский А.А., Сысолятин Е.Н., Кильчевский А.В.</i> Изучение исходного материала люпина узколистного (<i>Lupinus Angustifolius</i> L.) по признаку «нерастрескиваемость бобов» для снижения потерь зерна	240
<i>Стабровская А.Т., Лужинская Н.А.</i> Источники хозяйственно-ценных признаков в коллекции гречихи	246
<i>Гвоздова Л.И., Крицкий М.Н., Шор В.Ч., Евсеенко М.В., Крайко Т.С., Тихомирова Т.В.</i> Результаты изучения гороха полевого и посевного в конкурсном сортоиспытании	254
<i>Бобко Н.Н., Пилюк Я.Э.</i> Результаты оценки исходного материала для селекции сортов и гибридов озимого рапса	260
<i>Пилюк Я.Э., Наумович И.М., Пикун О.А. А.В. Бакановская, Семенова Т.В., Павловская А.Н.</i> Сравнительная оценка новых сортов рапса ярового	272
<i>Вожегова Р.А., Мельниченко А.В.</i> Селекционная ценность коллекционных образцов риса для создания устойчивых к полеганию гибридов	278
<i>Урбан Э.П.</i> Создание доминантно-короткостебельных сортов-популяций озимой диплоидной ржи	283
<i>Говор Е.М., Шиманский Л.П.</i> Генетическая дивергенция самоопыленных линий кукурузы	290

<i>Шишлова Н.П.</i> Влияние способа опыления на завязываемость и продуктивность колоса озимого тритикале	295
<i>Шишлова Н.П., Бушневич В.Н., Безлюдный В.Н.</i> Взаимосвязь между морфо- и биометрическими признаками, продуктивностью и качеством зерна озимого тритикале	304
<i>Радюк М.С., Вязов Е.В., Гордей С.И., Сацюк И.В., Шалыго Н.В.</i> Уровень экспрессии генов PR-белков и устойчивость к патогенам сортообразцов озимой пшеницы	312
<i>Гриб С.И., Бушневич В.Н., Позняк Е.И., Петренко Н.М., Бандарчук В.А.</i> Применение кластерного анализа для оценки коллекции сортов тритикале озимого	319
<i>Трушко А.А., Халецкий С.П.</i> Трансгрессия признаков у гибридов овса посевного и селекция на продуктивность	325
<i>Артюх Д.Ю., Урбан Э.П., Карпович О.Н., Ровдо Т.В., Горовая М.М., Соловей Ю.С.</i> Оценка содержания пентозанов в зерне озимой ржи в селекции на качество	332
<i>Кравцов В.И., Шиманский Л.П.</i> Классификация самоопыленных линий кукурузы по интенсивности влагоотдачи зерна в предуборочный период	343
<i>Говор Е.М., Шиманский Л.П.</i> Классификация самоопыленных линий кукурузы на основе электрофоретической подвижности компонентов зеина	353
<i>Кравцов В.И., Шиманский Л.П.</i> Классификация самоопыленных линий кукурузы по устойчивости к повреждению стеблевым кукурузным мотыльком	358
<i>Козловский А.А., Купцов Н.С.</i> Динамика гомозиготизации генетически дивергентных и близкородственных гибридов люпина узколистного в ряду поколений F ₂ – F ₈	365
<i>Байструк-Глодан Л.З.</i> Селекция <i>Festuca trachyphylla</i> в условиях западного региона Украины	373
<i>Заець С.А., Фундират Е.С.</i> Урожайность семян сортов озимого тритикале (<i>Triticosecale</i> Witt.) в зависимости от микроудобрений в условиях орошения	378
<i>Косенко Н.П., Бондаренко Е.А.</i> Выращивание семян свеклы столовой безвысадочным способом при капельном орошении в условиях Юга Украины	385
<i>Именной указатель</i>	392

Научное издание

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И СЕЛЕКЦИЯ В БЕЛАРУСИ

Сборник научных трудов

Основан в 1951 году

ВЫПУСК 55

Дизайн обложки Н. П. Засулевич
Ответственный за выпуск Т. М. Булавина

Подписано в печать 06.08.2019 г. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 23,25. Уч.-изд. л. 24,52.

Тираж 75 экз. Заказ 289.

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.