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 62

Минск
«ИВЦ Минфина»
2026

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»:
Кравцов С.В., кандидат с.-х. наук, доцент – главный редактор
Урбан Э.П. – доктор с.-х. наук, член-корреспондент НАН Беларуси – заместитель редактора
Гриб С.И. – доктор с.-х. наук, профессор, академик НАН Беларуси
Булавин Л.А. – доктор с.-х. наук, профессор
Булавина Т.М. – доктор с.-х. наук, профессор
Пилюк Я.Э. – доктор с.-х. наук, профессор
Лужинский Д.В. – кандидат с.-х. наук
РУП «Институт почвоведения и агрохимии»:
Шашко Ю.К., доктор с.-х. наук, доцент
Богдевич И.М. – доктор с.-х. наук, профессор, академик НАН Беларуси
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»:
Бушуева В.И., доктор с.-х. наук, профессор
Шелюто Б.В., доктор с.-х. наук, профессор

Перевод на английский язык Лавникевич О.С.

УДК [631.5/8+633](476)(082)

© РУП «Научно-практический центр
НАН Беларуси по земледелию», 2026
© Оформление. УП «ИВЦ Минфина», 2026

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.16«324»:631.559:631[58+51+84]

УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ, СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

***А. Ч. Скируха**, кандидат с.-х. наук, **Л.А. Булавин,** доктор с.-х. наук,*
***Т. М. Булавина,** доктор с.-х. наук, **Д. Н. Володькин**, кандидат с.-х. наук,*
М. А. Белановская, В. Д. Кранцевич
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
Дата поступления статьи в редакцию 03.02.2026

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

***Аннотация.** При возделывании озимого ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве в Центральной зоне Беларуси наибольшая урожайность зерна (51,5–51,7 ц/га) получена при его возделывании после клевера по вспашке или чизелеванию с внесением азота в дозе N_{60+60} и $N_{60+60+20}$, а наименьшая (30,1 ц/га) – после овса по дискованию без применения азотных удобрений.*

Введение. Современная рыночная экономика требует производства высококачественной конкурентоспособной продукции. Добиться этого можно за счет внедрения в производство эффективных ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих высокую урожайность возделываемых сельскохозяйственных растений при минимальных затратах и низкой себестоимости выращиваемой продукции.

На распространенных в Беларуси дерново-подзолистых почвах, обладающих относительно невысоким естественным плодородием, к основным факторам, определяющим уровень продуктивности сельскохозяйственных растений, относится применение минеральных удобрений, прежде всего азотных [1], а также оптимизация предшественников и способов основной обработки почвы, которые оказывают определенное влияние на ее азотный режим [2, 3].

В настоящее время в Беларуси значительно возрос интерес к озимому ячменю. Данная культура характеризуется высокой урожайностью и относительно невысокой требовательностью к условиям выращивания. Озимый ячмень является наиболее скороспелой зерновой культурой из возделываемых в Беларуси. Важная его особенность – высокая засухоустойчивость, обусловленная раннеспелостью и эффективным использованием накопившихся в почве в течение зимы запасов влаги. Это позволяет получать относительно высокую урожайность в засушливые годы, особенно на почвах с неустойчивым водным режимом, характерным для южной части Беларуси. Выращивание раносозревающего озимого ячменя позволяет повысить эффективность использования уборочной техники. Озимый ячмень является оптимальным предшественником для озимого рапса и промежуточных культур, так как по-

зволяет своевременно и качественно провести подготовку почвы и их посев [4]. Поэтому научно обоснованное расширение посевных площадей озимого ячменя и совершенствование основных элементов технологии возделывания его с целью получения высокой и стабильной урожайности зерна при наименьших производственных затратах имеет важное значение.

Условия и методика проведения исследований. В 2024–2025 гг. в Смолевичском районе Минской области в трехфакторном полевом опыте изучали влияние технологии возделывания озимого ячменя на его продуктивность. Исследования проводили по общепринятой методике [5] на дерново-подзолистой связносупесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,45–2,67 %, P_2O_5 – 303–314 мг/ кг, K_2O – 289–301 мг/кг почвы, pH – 5,9–6,3. Площадь делянки первого порядка (предшественник) – 1188 м^2 (36×33), второго порядка (обработка почвы) – 396 м^2 (12×33), третьего порядка (азот) – 66 м^2 (5,5×12). Повторность трехкратная.

После уборки изучаемых предшественников (клевер, озимый рапс, овес) проводили лущение стерни, вносили фосфорно-калийные удобрения ($P_{60}K_{120}$) и после отрастания сорняков проводили основную обработку почвы в соответствии со схемой опыта. Для этой цели использовали следующие почвообрабатывающие орудия: вспашка – оборотный плуг ПНО-(3+1)-42, безотвальная обработка (чизелевание) – ДУ-4АКЧ, мелкая обработка (дискование) – дискатор Vaderstad Carrier.

Озимый ячмень (сорт Буслик) высевали во второй декаде сентября. Норма высева – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. В фазу осеннего кущения (ДК 25) применяли гербицид Комплит Форте, КС (0,5 л/га). Азотные удобрения на посевах этой культуры применяли в соответствии со схемой опыта в фазы ДК 23, ДК 31, ДК 37. В фазу ДК 37 вносили фунгицид Прозаро, КЭ (0,7 л/га).

За основную часть весенне-летней вегетации озимого ячменя (первая декада мая – первая декада июля) в 2024 г. сумма активных температур превышала норму на 10,8 %, а количество атмосферных осадков было ниже ее на 16,0 %. В 2025 г. сумма активных температур за указанный выше период была ниже нормы на 6,3 %, а количество атмосферных осадков превышало ее в 1,9 раза. Гидротермический коэффициент (ГТК) составил при этом в 2024 г. 1,19, а в 2025 г. – 3,11 при норме для региона, где проводили исследования, 1,58. Следовательно, вегетационный период озимого ячменя в 2024 г. характеризовался недостаточным увлажнением, а в 2025 г. – избыточным, что оказало влияние на уровень продуктивности данной культуры.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что в 2024 г. урожайность зерна озимого ячменя изменялась под влиянием изучаемых агроприемов в пределах 22,0–37,3 ц/га, в 2025 г. – 38,2–66,2 ц/га, а в среднем за 2024–2025 гг. – 30,1–51,7 ц/га. Наибольшим этот показатель был при возделывании данной культуры после клевера по вспашке с внесением азота в дозе N_{60+60} и $N_{60+60+20}$, а наименьшим – при выращивании после овса по дискованию без применения азотных удобрений (таблица 1). Различия по

урожайности озимого ячменя в этих вариантах составили в среднем за период исследований 21,6 ц/га, т.е. 41,8 %, что является весьма существенным.

Таблица 1. Урожайность зерна озимого ячменя в зависимости от предшественников, способов обработки почвы и доз азотных удобрений, ц/га

Предшественник	Способ обработки почвы	$P_{60}K_{120}$ – фон	Фон + N_{60}	Фон + N_{60+20}	Фон + N_{60+40}	Фон + N_{60+60}	Фон + $N_{60+60+20}$
2024 г.							
Клевер	Вспашка	26,5	32,0	33,8	35,4	37,3	37,1
	Чизелевание	26,1	31,6	33,5	35,2	36,9	37,0
	Дискование	25,4	30,8	32,8	34,4	36,3	36,5
Озимый рапс	Вспашка	25,0	30,0	32,1	34,0	36,0	36,3
	Чизелевание	24,5	29,5	31,6	33,5	35,5	36,0
	Дискование	23,5	28,4	30,4	32,4	34,4	35,3
Овес	Вспашка	23,7	29,0	31,3	33,1	35,0	36,0
	Чизелевание	23,1	28,4	30,7	32,5	34,5	35,5
	Дискование	22,0	27,0	29,3	31,0	32,8	34,1
$НСР_{05}$, предшественник – 0,70, обработка почвы – 0,70, азот – 1,01, частных средних – 3,04							
2025 г.							
Клевер	Вспашка	45,0	57,2	60,0	63,0	66,1	66,2
	Чизелевание	44,6	56,8	59,7	62,9	66,0	66,2
	Дискование	43,6	55,6	58,6	61,7	64,7	64,9
Озимый рапс	Вспашка	42,9	54,8	57,7	61,0	64,1	64,6
	Чизелевание	42,4	54,1	57,1	60,4	63,5	64,1
	Дискование	40,8	52,2	54,9	58,3	61,3	62,0
Овес	Вспашка	40,6	52,0	55,1	58,5	61,6	62,3
	Чизелевание	40,0	51,1	54,2	57,6	60,6	61,4
	Дискование	38,2	49,1	52,0	55,3	58,5	59,2
$НСР_{05}$, предшественник – 0,32, обработка почвы – 0,32, азот – 0,45, частных средних – 1,38							
Среднее за 2024–2025 гг.							
Клевер	Вспашка	35,8	44,6	46,9	49,2	51,7	51,7
	Чизелевание	35,4	44,2	46,6	49,1	51,5	51,6
	Дискование	34,5	43,2	45,7	48,1	50,5	50,7
Озимый рапс	Вспашка	34,0	42,4	44,9	47,5	50,1	50,5
	Чизелевание	33,5	41,8	44,4	47,0	49,5	50,1
	Дискование	32,2	40,3	42,7	45,4	47,9	48,7
Овес	Вспашка	32,2	40,5	43,2	45,8	48,3	49,2
	Чизелевание	31,6	39,8	42,5	45,1	47,6	48,5
	Дискование	30,1	38,1	40,7	43,2	45,7	46,7

Изучаемые элементы технологии возделывания различались по влиянию на уровень урожайности озимого ячменя и находились в определенной взаимосвязи. Установлено, что при выращивании этой культуры после наиболее благоприятного предшественника (клевер) урожайность зерна составила в среднем по изучаемым способам обработки почвы и дозам азота за 2024–2025 гг. 46,2 ц/га. При размещении этой культуры в севообороте после озимого рапса данный показатель снижался на 2,2 ц/га, а после овса – на 4,1 ц/га, т.е. на 4,8 и 8,9 % (таблица 2).

Таблица 2. Влияние предшественников на урожайность зерна озимого ячменя (среднее за 2024–2025 гг.) по способам обработки почвы и дозам азота, ц/га

Предшественник	Урожайность, ц/га	± к контролю	
		ц/га	%
Клевер (контроль)	46,2	–	–
Озимый рапс	44,0	-2,2	-4,8
Овес	42,1	-4,1	-8,9

Негативное влияние крестоцветного и зернового предшественника на продуктивность озимого ячменя в сравнении с бобовым предшественником усиливалось при минимализации обработки почвы и снижалось при повышении уровня азотного питания растений (таблица 3). Так, при возделывании озимого ячменя по вспашке без применения азотных удобрений недобор урожайности зерна после крестоцветного предшественника составил в сравнении с бобовым в среднем за 2024–2025 гг. 1,8 ц/га (5,0 %), а после зернового – 3,6 ц/га (10,1 %). При замене вспашки чизелеванием эти показатели были равны соответственно 1,9 ц/га (5,4 %) и 3,8 ц/га (10,7 %), а дискованием – 2,3 ц/га (6,7 %) и 4,4 ц/га (12,8 %).

Таблица 3. Снижение урожайности зерна озимого ячменя от крестоцветного и зернового предшественника (среднее за 2024–2025 гг.), ц/га

Предшественник	Способ обработки почвы	$P_{60}K_{120}$ – фон		Фон + $N_{60+60+20}$	
		ц/га	%	ц/га	%
Клевер	Вспашка	–	–	–	–
	Чизелевание	–	–	–	–
	Дискование	–	–	–	–
Озимый рапс	Вспашка	-1,8	-5,0	-1,2	-2,3
	Чизелевание	-1,9	-5,4	-1,5	-2,9
	Дискование	-2,3	-6,7	-2,0	-3,9
Овес	Вспашка	-3,6	-10,1	-2,5	-4,8
	Чизелевание	-3,8	-10,7	-3,1	-6,0
	Дискование	-4,4	-12,8	-4,0	-7,9

При использовании максимальной дозы азота ($N_{60+60+20}$) снижение урожайности зерна озимого ячменя, возделываемого по вспашке, под влиянием крестоцветного предшественника составило 1,2 ц/га (2,3 %), а зернового – 2,5 ц/га (4,8 %). В вариантах, где эту культуру выращивали по чизелеванию, данный показатель был равен соответственно 1,5 ц/га (2,9 %) и 3,1 ц/га (6,0 %), а по дискованию – 2,0 и 4,0 ц/га, т.е. 3,9 и 7,9 %.

Изучаемые способы обработки почвы оказывали менее существенное влияние на урожайность зерна озимого ячменя по сравнению с предшественниками. Установлено, что при возделывании данной культуры по традиционной отвальной вспашке указанный выше показатель составил в среднем по изучаемым предшественникам и дозам азота за 2024–2025 гг. 44,9 ц/га. При замене вспашки чизелеванием урожайность озимого ячменя была равна 44,4

ц/га, а дискованием – 43,0 ц/га, т.е. уменьшилась на 0,5 ц/га (1,1 %) и 1,9 ц/га (4,2 %) соответственно (таблица 4).

Таблица 4. Влияние способов обработки почвы на урожайность зерна озимого ячменя, ц/га (в среднем за 2024–2025 гг. по предшественникам и дозам азота)

Способ обработки почвы	Урожайность, ц/га	± к контролю	
		ц/га	%
Вспашка (контроль)	44,9	–	–
Чизелевание	44,4	-0,5	-1,1
Дискование	43,0	-1,9	-4,2

При замене вспашки чизелеванием после клевера снижение урожайности зерна озимого ячменя на безазотном фоне составила 0,4 ц/га (1,1 %), а дискованием – 1,3 ц/га (3,6 %). В вариантах, где озимый ячмень выращивали после озимого рапса, данный показатель в этом случае был равен соответственно 0,5 ц/га (1,5 %) и 1,8 ц/га (5,3 %), а после овса – 0,6 ц/га (1,9 %) и 2,1 ц/га (6,5 %).

В вариантах, где применяли максимальную дозу азота ($N_{60+60+20}$) снижение урожайности зерна озимого ячменя, возделываемого после клевера, при замене вспашки чизелеванием составило 0,1 ц/га (0,2 %), а дискованием – 1,0 ц/га (1,9 %). При выращивании этой культуры после озимого рапса данный показатель был равен соответственно 0,4 ц/га (0,8 %) и 1,8 ц/га (3,6 %), а после овса – 0,7 и 2,5 ц/га, т.е. 1,4 и 5,1 % соответственно (таблица 5).

Таблица 5. Снижение урожайности озимого ячменя от минимализации обработки почвы в 2024–2025 гг., ц/га

Предшественник	Способ обработки почвы	$P_{60}K_{120}$ – фон		Фон + $N_{60+60+20}$	
		ц/га	%	ц/га	%
Клевер	Вспашка	–	–	–	–
	Чизелевание	-0,4	-1,1	-0,1	-0,2
	Дискование	-1,3	-3,6	-1,0	-1,9
Озимый рапс	Вспашка	–	–	–	–
	Чизелевание	-0,5	-1,5	-0,4	-0,8
	Дискование	-1,8	-5,3	-1,8	-3,6
Овес	Вспашка	–	–	–	–
	Чизелевание	-0,6	-1,9	-0,7	-1,4
	Дискование	-2,1	-6,5	-2,5	-5,1

Наибольшее влияние на урожайность зерна озимого ячменя оказали азотные удобрения. Установлено, что при возделывании этой культуры без внесения азота данный показатель в среднем за 2024–2025 гг. по изучаемым предшественникам и способам обработки почвы составил 33,2 ц/га. При внесении N_{60} урожайность составила 41,7 ц/га, а $N_{60+60+20}$ – 49,7 ц/га, т.е. увеличилась на 8,5 и 16,5 ц/га или на 25,6 и 49,7 % соответственно (таблица 6).

Таблица 6. Влияние доз азота на урожайность зерна озимого ячменя (среднее за 2024–2025 гг. по предшественникам и способам обработки почвы), ц/га

Доза азота	Урожайность, ц/га	± к контролю	
		ц/га	%
$P_{60}K_{120}$ – фон (контроль)	33,2	–	–
Фон + N_{60}	41,7	+8,5	+25,6
Фон + N_{60+20}	44,2	+11,0	+33,1
Фон + N_{60+40}	46,7	+13,5	+40,7
Фон + N_{60+60}	49,2	+16,0	+48,2
Фон + $N_{60+60+20}$	49,7	+16,5	+49,7

Прибавка урожайности озимого ячменя от применения азотных удобрений находилась в определенной зависимости от предшественника и способа обработки почвы. Так, при возделывании этой культуры после клевера по вспашке с внесением максимальной дозы азота ($N_{60+60+20}$) прибавка урожайности составила 15,9 ц/га (44,4 %), по чизелеванию – 16,2 ц/га (45,8 %), по дискованию – 16,2 ц/га (47,0 %). При выращивании этой культуры после озимого рапса данный показатель был равен соответственно 16,5 ц/га (48,5 %), 16,6 ц/га (49,6 %), 16,5 ц/га (51,2 %), а после овса – 17,0 ц/га (52,8 %), 16,9 ц/га (53,5 %), 16,6 ц/га (55,2 %). Следовательно, роль азотных удобрений в формировании урожайности зерна озимого ячменя повышалась по мере ухудшения предшественника и снижения интенсивности основной обработки почвы (таблица 7).

Таблица 7. Зависимость прибавки урожайности озимого ячменя при внесении азота ($N_{60+60+20}$) от предшественника и способа обработки почвы в 2024–2025 гг., ц/га

Предшественник	Способ обработки почвы	Фон + $N_{60+60+20}$	
		ц/га	%
Клевер	Вспашка	15,9	44,4
	Чизелевание	16,2	45,8
	Дискование	16,2	47,0
Озимый рапс	Вспашка	16,5	48,5
	Чизелевание	16,6	49,6
	Дискование	16,5	51,2
Овес	Вспашка	17,0	52,8
	Чизелевание	16,9	53,5
	Дискование	16,6	55,2

Для более полной оценки изучаемых элементов технологии возделывания озимого ячменя было выявлено их долевое участие в формировании урожайности зерна этой культуры. Статистическая обработка полученных урожайных данных, проведенная по общепринятой методике [6], показала, что в 2024 г. доля влияния на урожайность зерна озимого ячменя изучаемых в этом опыте предшественников составила 6,8 %, способов основной обра-

ботки почвы – 2,0 %, азотных удобрений – 81,8 %, а в 2025 г. – 7,4; 1,6; 83,3 % соответственно.

Выводы

1. Урожайность зерна озимого ячменя изменялась под влиянием изучаемых агроприемов в среднем за период исследований в пределах 30,1–51,7 ц/га. Наибольшим этот показатель был при возделывании данной культуры после клевера по вспашке или чизелеванию с внесением азота в дозе N_{60+60} и $N_{60+60+20}$, а наименьшим – при выращивании после овса по дискованию без применения азотных удобрений.

2. Изучаемые агроприемы существенно различались по влиянию на продуктивность озимого ячменя и по значимости в формировании урожайности данной культуры их можно разместить в следующей убывающей последовательности: азотные удобрения – предшественник – способ обработки почвы.

3. Роль азотных удобрений в формировании урожайности зерна озимого ячменя повышалась по мере ухудшения предшественника и снижения интенсивности основной обработки почвы. Недобор урожайности зерна озимого ячменя от крестоцветного и зернового предшественника в сравнении с бобовым возрастал при минимализации обработки почвы и снижался при повышении уровня азотного питания растений. Уменьшение урожайности зерна озимого ячменя от чизелевания и дискования по сравнению со вспашкой возрастало при возделывании этой культуры по менее благоприятным предшественникам и снижалось при повышении уровня азотного питания растений.

Литература

1. Семененко, Н. Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н. Н. Семененко; с изм. – Минск: Бел. Изд. Тов-во «Хата», 2003. – 162 с.

2. Никончик, П. И. Агроэкономические основы систем использования земли / П. И. Никончик. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 532 с.

3. Заленский, В. А. Обработка почвы и плодородие / В. А. Заленский, Я. У. Яроцкий. – Минск: Изд-во Беларусь. – 2003. – 539 с.

4. Зубкович, А. А. Озимый ячмень: основные элементы агротехники / А. А. Зубкович, Л. А. Булавин, Т. М. Булавина, Г. В. Седукова, И. И. Яцкевич // Земледелие и защита растений (приложение к журналу № 4, 2018). – 2018. – №4. – С. 23-26.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 415 с.

6. Плохинский, Н. А. Биомертия: учебное пособие / Н. А. Плохинский. – 2 – е изд. – Москва: Из-во Московского ун-та, 1970. – 268 с.

WINTER BARLEY YIELD DEPENDING ON PREDECESSORS, METHODS OF TILLAGE AND DOSES OF NITROGEN FERTILIZERS

Ch. Skirukha, L. A .Bulavin, T. V. Bulavina, D. N. Volodzkin, M. A. Belanovskaya, V. D. Krantsevich

The highest grain yield (51.5–51.7 c/ha) of winter barley, cultivated on sod-podzolic sandy soil in the Central zone of Belarus, was obtained when it was grown after plowing or

chiseling and preceded by clover with the application of nitrogen in a dose of N_{60+60} and $N_{60+60+20}$, and the lowest one was obtained when barley was grown after disk plowing and preceded by oats without application of nitrogen fertilizers.

УДК 633.13:631.582:632.954:631.559

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ОВСА

А. Ч. Скируха[1], *кандидат с.-х. наук,* ***Л. А. Булавин***[1], *доктор с.-х. наук,*
А. Г. Власов[1], *доктор с.-х. наук,* ***И. Г. Бруй***[1], *доктор с.-х. наук,*
Ф. И. Привалов[2], *доктор с.-х. наук*
[1]*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»*
[2]*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»*
(Дата поступления статьи в редакцию 05.03.2026)

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

Аннотация*. В статье представлены результаты исследований по изучению влияния предшественника и гербицидов на урожайность овса. Установлено, что при размещении овса в севообороте после зерновых культур, многолетних злаковых трав урожайность зерна снижается на 5–8 % в сравнении с бобовыми предшественниками. Использование гербицидов при возделывании этой культуры обеспечивает прибавку урожайности зерна 7,8–50,1 % в зависимости от уровня засоренности посевов и применяемого препарата.*

Введение. Овес является традиционной сельскохозяйственной культурой, возделываемой в Беларуси. В 2025 г. он высевался в республике на площади 142,6 тыс. га, что составляет 2,8 % пашни. Зерно овса используется при приготовлении комбикормов для скота и птицы, а также при возделывании однолетних культур на зеленую массу в смеси с зернобобовыми (горох, вика, люпин). В пищевой промышленности из зерна овса делают овсяные хлопья, крупы, муку, а также кондитерские изделия. Принимая во внимание незначительную посевную площадь овса в республике и потребность в его зерне, актуальным вопросом является максимальная реализация потенциала продуктивности культуры за счет оптимизации технологии возделывания.

Методика проведения исследований. Изучение зависимости урожайности зерна овса от предшественника и применения гербицидов для защиты посевов от сорняков проводили в Смолевичском районе Минской области, Витебском районе Витебской области, Мозырском районе Гомельской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой и супесчаной почвах (гумус – 1,96–2,67 %, P_2O_5 – 141–320 мг/кг, K_2O – 150–360 мг/кг почвы, pH – 5,51–6,8). Технология возделывания овса за исключением изучаемых агроприёмов при проведении исследований осуществлялась в соответствии с отраслевым регламентом.

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из основных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур считается соблюдение севооборота, который является важным средством регулирования баланса органического вещества и питательных веществ в почве, биологическим фактором повышения окультуренности почв и продуктивности пашни [1]. Севооборот выполняет также фитосанитарную роль в защите посевов от болезней, вредителей, сорняков и является биологическим средством повышения окультуренности почв [2].

Нарушение оптимального севооборота приводит к росту фитотоксичности почвы. Это обусловлено накоплением в пахотном горизонте физиологически активных фитотоксичных веществ в виде фенольных соединений, органических кислот, альдегидов, спиртов и других. Источником образования токсичных веществ могут быть корневые выделения растений, послеуборочные растительные остатки и продукты жизнедеятельности микроорганизмов. В большей степени они накапливаются и являются более вредоносными, когда в структуре посевов преобладают сходные по биологическим особенностям культуры, например, при возделывании зерновых по зерновым. Это приводит к изменению соотношения групп микроорганизмов и появлению фитотоксичных форм, которые поставляют в почву вредные для культурных растений вещества. Фитотоксины вызывают нарушение обмена веществ в растениях, влияют на интенсивность дыхания, фотосинтетическую активность и, как следствие этого, на продуктивность [3].

Важной биологической особенностью овса является незначительная зависимость его урожайности от предшественников. Установлено, что в условиях Беларуси на средних и легких по гранулометрическому составу дерново-подзолистых почвах наиболее высокую урожайность овес обеспечивает при размещении после клевера, люпина на зеленую массу, картофеля, кукурузы на силос и зеленый корм (таблица 1). Эту культуру можно успешно возделывать также после гороха.

Таблица 1. Урожайность зерна овса в зависимости от предшественников, % к наиболее благоприятному предшественнику (клевер)

Предшественник	%
Клевер	100
Кукуруза, картофель, люпин на зеленую массу	100
Горох	98
Озимая рожь, многолетние злаковые травы	95
Озимая пшеница, ячмень	94
Яровая пшеница, овес	92

Размещение овса в севообороте после зерновых культур (озимая рожь, озимая пшеница, ячмень, яровая пшеница), многолетних злаковых трав, а также бессменно приводит к снижению урожайности зерна при возделывании этой культуры с применением гербицидов на 5–8 % в сравнении с бобовыми предшественниками (клевер, люпин на зеленую массу). Для сравнения

следует отметить, что у других зерновых культур (пшеница, тритикале, ячмень) снижение урожайности от неблагоприятных предшественников составляет 12–36 % [2, 4].

Установлено, что основной причиной снижения урожайности культуры при размещении после неблагоприятных предшественников является поражение растений корневыми гилями и увеличение засоренности посевов, что приводит к уменьшению плотности продуктивного стеблестоя и массы 1000 зерен.

Продуктивность овса зависит не только от предшественника, но и от удельного веса зерновых в севообороте. Так, при возделывании этой культуры после ячменя и удельном весе зерновых в севообороте 62,5 % урожайность зерна составила 47,9 ц/га. В севооборотах, где зерновые культуры составляли 83,3 и 100,0 %, данный показатель был равен соответственно 45,2 и 41,6 ц/га, т.е. снижался на 2,7 и 6,3 ц/га или на 5,6 и 13,2 % (таблица 2).

Таблица 2. Урожайность овса в зависимости от удельного веса зерновых культур в севообороте

Вид севооборота	Удельный вес зерновых, %	Урожайность, ц/га	+/- к контролю	
			ц/га	%
Зернотравяной (контроль)	62,5	47,9	–	–
Зернотравяной	83,3	45,2	-2,7	-5,6
Зерновой	100,0	41,6	-6,3	-13,2

Для максимальной реализации потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур, в т.ч. и овса, важное значение имеет защита посевов от сорняков, которые конкурируют с культурными растениями за свет, воду, элементы минерального питания. Это приводит к значительному снижению урожайности, которое в почвенно-климатических условиях Беларуси может достигать у зерновых 30–37 %, рапса – 50–55 %, кукурузы – 90 % [5, 6]. Высокая вредоносность сорняков и их негативное влияние на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур является главной причиной того, что гербициды составляют 66,4 % ассортимента применяемых в Беларуси химических средств защиты растений [7].

Установлено, что биологический порог вредоносности однолетних двудольных сорняков для овса составляет 37 шт/м^2, пырея ползучего – 10–12 шт/м^2, осота желтого – 0,5–1 шт/м^2 [8]. При естественном засорении посевов этой культуры, составляющем в почвенно-климатических условиях Беларуси 116–180 шт/м^2, урожайность зерна снижается на 14,8–29,5 %. Поэтому совершенствование защиты посевов овса от сорняков имеет важное значение [9].

На засоренность посевов овса значительное влияние оказывает предшественник. Так, например, численность стеблей пырея ползучего при возделывании овса после многолетних трав достигает 163,7 шт/м^2, кукурузы – 69,7 шт/м^2, зерновых культур – 62,9 шт/м^2, картофеля – 23,4 шт/м^2. Подобная

закономерность отмечалась и у других видов сорных растений [9], поэтому размещение овса по благоприятным предшественникам является важным фактором снижения вредоносности сорняков при возделывании этой культуры.

Необходимо принимать во внимание, что растения овса обладают высокой чувствительностью к действию большинства гербицидов [9]. Так, устойчивость к гербицидам группы 2,4-Д понижается в ряду: рожь > пшеница > ячмень > овёс > кукуруза [10].

Известно, что гербициды различаются по спектру действия и эффективности уничтожения сорняков. Так, при использовании на посевах овса гербицида 2,4-Д, в.р. (1,7 л/га) прибавка урожайности зерна составила 3,3 ц/га (7,8 %), гербицида Дифезан, ВР (344 г/л дикамбы кислоты + 18,8 г/л хлорсульфурона кистоты) (0,2 л/га) – 5,0 ц/га (11,8 %), а гербицида Агритокс, в.к. (1,0 л/га) в зависимости от конкурентоспособности возделываемого сорта – от 2,9 до 4,1 ц/га (8,1–13,1 %). Это свидетельствует о необходимости расширения ассортимента гербицидов с учетом видового состава сорняков и реакции овса на их применение, учитывая высокую чувствительность культуры к действию большинства гербицидов.

В период проведения исследований посевы овса перед химической прополкой в фазу кущения культуры были засорены однолетними двудольными в разной степени – от 31 до 106 шт/м^2. Видовой состав представляли горец вьюнковый (8–16 шт.), марь белая (9–64 шт.), звездчатка средняя (1–4 шт.), пастушья сумка (3–10 шт.), осот желтый из семян (до 3 шт.), ярутка полевая (2–12 шт.), ромашка полевая (2–7 шт.), другие виды сорняков (торица полевая, пикульник, горчица полевая и др.) представлены в посевах единичными растениями. Эффективность химической прополки была достаточно высокой, но различалась и зависела как от нормы расхода гербицидов, так и от общей засоренности посева по годам исследований. Классические гормональные гербициды на основе МЦПА кислоты (2М-4Х) (Агроксон, ВР, Гербитокс, ВРК) эффективны против двудольных сорняков, достаточно «мягкие и безопасные» для овса. После применения данных гербицидов численность двудольных сорняков уменьшилась в среднем на 68–74 %, их масса – на 78–86 %, что позволило повысить урожайность зерна овса на 17,9–33,9 %. Необходимо отметить, что чем выше засоренность посевов, тем более высокая норма расхода препаратов должна использоваться (таблица 3). Однако применение гербицидов на основе МЦПА кислоты недостаточно эффективно против ромашки полевой, звездчатки средней, горца вьюнкового, гибель которых при их применении не превышает 54, 55 и 75 % соответственно.

Эффективным приемом для снижения засоренности является использование системных гербицидов против однолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д и к МЦПА. К ним относятся такие препараты, как Балерина, СЭ (*2,4-Д кислота, 410 г/л в виде сложного 2-этилгексилового эфира + флорасулам, 7,4 г/л*), Статус Фло, СЭ (*2-ЭГЭ 2,4-Д кислота, 418 г/л + флорасулам, 12 г/л*), Примадонна, СЭ (*2,4-Д кислоты, 200 г/л в виде слож-*

ного 2-этилгексилового эфира + флорасулам, 3,7 г/л). Применение этих гербицидов в максимальных нормах расхода в фазу кущения овса в разные годы исследований позволило снизить засоренность посевов однолетними двудольными сорняками на 68–96 %. Биологическая эффективность 100 % отмечена по следующим сорнякам: пастушья сумка, ромашка непахучая, подмаренник цепкий, падалица рапса, звездчатка средняя. Численность и масса мари белой снизилась на 65–98 % и 51–95 %, горца вьюнкового – на 82–100 % и 92–100 %, ярутки полевой – 46–100 % и 62–100 %, звездчатки средней – 82–100 % и 92–100 %, пикульника обыкновенного – на 40–92 % и 51–83 % соответственно (таблица 4).

Таблица 3. Биологическая эффективность применения на посевах овса гербицидов на основе МЦПА кислоты в норме расхода 350–750 г д.в./га, %

Сорные растения	Контроль без гербицидов*	Снижение численности сорняков	Снижение массы сорняков
Горец вьюнковый	8–16/32–98	50–75	48–65
Марь белая	9–24/34–68	88–100	92–100
Звездчатка средняя	1–4/6–15	35–55	55–62
Пастушья сумка	3–10/4–10	100	100
Осот желтый	3/11	60–90	75–84
Ярутка полевая	2–12/5–28	100	100
Ромашка полевая	2–7/3,5–24	38–54	42–67
Общая БЭ, %	31–66/104–330	68–74	78–86

** – в контроле без гербицида – количество сорняков, шт/м^2 / масса сорняков, г/м^2*

Таблица 4. Биологическая эффективность применения системных гербицидов на посевах овса, %

Сорные растения	Контроль без гербицидов*	Балерина, СЭ, 0,5 л/га	Примадонна, СЭ, 0,6 л/га	Статус Фло, СЭ, 0,5 л/га
Марь белая	7–17/11–22	82–95/61–92	65–98/51–95	88–92/78–92
Горец вьюнковый	4–9/4–15	88–100/92–100	82–100/92–100	88–100/96–100
Ярутка полевая	7–28/8–21	89–100/88–100	46–100/62–100	93–96/98–99
Пастушья сумка	3–8/2–13	100	100	100
Ромашка непахучая	6–12/17–37	100	100	100
Подмаренник цепкий	1–4/3–7	–	100	100
Рапс падалица	6–17/13–48	100	100	100
Вьюнок полевой	2–4/3–9	89–100/93–100	–	76–100/97–100
Звездчатка средняя	7–11/3–9	100	82–100/92–100	100
Пикульник обыкновенный	5–9/8–22	–	40–82/57–76	60–92/51–83
Щирица запрокинутая	2/4	–	50/69	–
Общая БЭ, %	62,0/99,0	85–96/72–93	68–82/66–79	81–95/81–89

** – в контроле без гербицида – количество сорняков / масса сорняков, шт., г/м^2*

– сорняк отсутствовал в опыте

Следует отметить, что при наличии в посевах овса сорняков двух-, трехкратно превышающих пороговое значение (37 шт/м^2) применение системных гербицидов обеспечивает прибавку урожайности зерна культуры до 39,1–50,1 % (рисунок 1).

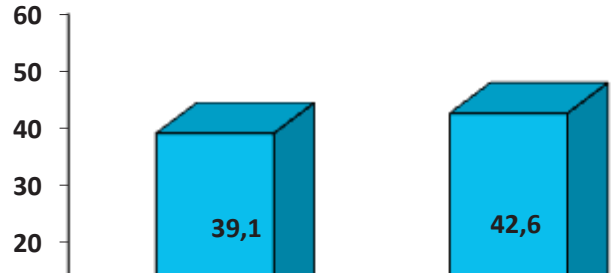


Рисунок 1. Прибавка урожайности зерна овса от применения гербицидов, %

Сравнительная оценка вышеуказанных групп гербицидов с гербицидами из химического класса сульфонилмочевин показала, что использование последних позволяет контролировать больший спектр двудольных сорняков, в том числе некоторых многолетних. В условиях Северной, Центральной и Южной зон республики, где проводились исследования с этими препаратами, наибольшее снижение численности и сырой массы сорняков отмечено при применении на посевах овса гербицидов группы сульфонилмочевин – Ларен, СП, (метсульфурон-метил, 600 г/кг) и Тамерон, 75 % в.д.г. (трибенурон-метил,750 г/кг). Биологическая эффективность этих препаратов по однолетним и многолетним двудольным сорнякам находилась в пределах 70,3–80,6 % по численности и 65,1–94,2 % – по их массе. Уровень сохраненной урожайности при их применении в зависимости от возделываемого сорта колебалась от 6,4 до 7,2 ц/га или от 17,6 % до 23,1 % по отношению к контролю, где химическая прополка не проводилась (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность зерна сортов овса в различных зонах Беларуси при применении гербицидов различных механизмов действия [11]

Вариант	Урожайность, ц/га					
	Центральная зона, легкосуглинистая почва	Южная зона, супесчаная почва	Северная зона, легкосуглинистая почва	среднее		
				по зонам	сохраненная урожайность	
					ц/га	%
1	2	3	4	5	6	7
Стралец						
Контроль (без гербицидов)	33,9	26,4	47,0	35,8	–	–
Агритокс, в.к., 1,0 л/га	36,2	29,3	50,5	38,7	2,9	8,1
Прима, СЭ, 0,6 л/га	37,4	30,2	51,3	39,6	3,9	10,6

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
Ларен, СП, 10 г/га	39,7	31,4	55,3	42,1	6,4	17,6
Тамерон, 75 % в.д.г., 20 г/га	39,1	30,9	53,6	41,2	5,4	15,1
Запавет						
Контроль (без гербицидов)	34,6	26,0	41,8	34,1	–	–
Агритокс, в.к., 1,0 л/га	36,9	30,6	46,5	38,0	3,9	11,4
Прима, СЭ, 0,6 л/га	39,1	32,1	46,3	39,2	5,0	15,0
Ларен, СП, 10 г/га	39,7	33,0	50,0	40,9	6,8	19,9
Тамерон, 75 % в.д.г., 20 г/га	39,3	33,3	48,5	40,4	6,2	18,5
Юбиляр						
Контроль (без гербицидов)	36,0	26,4	–	31,2	–	–
Агритокс, в.к., 1,0 л/га	39,7	30,8	–	35,3	4,1	13,1
Прима, СЭ, 0,6 л/га	41,7	32,6	–	37,2	6,0	19,2
Ларен, СП, 10 г/га	43,1	33,7	–	38,4	7,2	23,1
Тамерон, 75 % в.д.г., 20 г/га	42,8	33,3	–	38,1	6,9	22,1

Выводы

1. При размещении овса в севообороте после таких неблагоприятных предшественников как зерновые, многолетние злаковые травы и при бессменном возделывании урожайность зерна снижается на 5–8 % в сравнении с благоприятными бобовыми предшественниками.

2. Урожайность зерна овса зависит от удельного веса зерновых в севообороте и при повышении данного показателя с 62,5 до 100,0 % снижается на 13,2 %.

3. Применение гербицидов при возделывании овса обеспечивает прибавку урожайности 7,8–50,1 % в зависимости от уровня засоренности посевов и используемого препарата. Наиболее эффективно использование гербицидов из класса сульфонилмочевин.

Литература

1. Земледелие: учебник / П. И. Никончик [и др.]; под ред. П. И. Никончика, В. Н. Прокоповича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 584 с.

2. Скируха, А. Ч. Системы землепользования для хозяйств разной специализации / А. Ч. Скируха, А. А. Усеня, Л. Н. Грибанов // Земледелие и защита растений. – 2018. – №5 (приложение к журналу №5, 2018). – С. 14-21.

3. Экология микроорганизмов / под ред. А. И. Нетрусова. – М. : Академия, 2007. – 382 с

4. Никончик, П. И. Оптимизация структуры посевных площадей, организация и ведение контурных почвенно-экологических севооборотов в условиях специализации сельского хозяйства / П. И. Никончик, А. Ч. Скируха [и др.] // Методические рекомендации. – Минск, 2011. – 68 с.

5. Булавин, Л. А. Обработка почвы в ресурсосберегающем природоохранном земледелии: аналитический обзор / Л. А. Булавин [и др.]. – Жодино, 2009. – 30 с.

6. Майсеенко, А. В. Итоги работы гос. службы защиты растений в 2000 году и задачи на 2001 г. / А. В. Майсеенко, С. В. Сорока // Ахова раслін. – 2001. – №2. – С. 4-7.

7. Привалов, Ф. И. О совершенствовании применения пестицидов при возделывании сельскохозяйственных культур / Ф. И. Привалов, С. В. Сорока, Л. А. Булавин, Т. М. Булавина // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновацион-

ного развития АПК : материалы 3-й Международной научно-практической конференции. Минск, 9-10 июня 2016 г. / редкол.: Н. Н. Романюк и [др.]. – Минск, БГАТУ, 2016. – С. 373-379.

8. Методы учета и пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур: справочник / РУП «Институт защиты растений»; под ред. А. А. Запрудского, Е. А. Акимович. – Минск: Колорград, 2022. – 59 с.

9. Сорока, Л. И. Агробиологическое обоснование химической защиты посевов овса от сорных растений в Беларуси: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.01.11 / Сорока Людмила Ивановна; Белорусский институт защиты растений. – Прилуки, 2004. – 20 с.

10. Арилоксиалканкарбоновые кислоты. [Электронный ресурс]. – режим доступа: https://agrorost.by/spravochnaya-informatciya/klassy-pestitsidov/ariloksialkankarbonovye-kisloty – дата доступа: 20.02.2026.

11. Эффективность применения гербицидов в посевах овса / С. П. Халецкий, А. Г. Власов, И. С. Матыс, Е. Э. Абарова, М. В. Евсеенко // Земляробства і ахова раслін. – 2010. – № 6. – С. 33–36.

INFLUENCE OF PREDECESSORS AND HERBICIDES APPLICATION ON THE OATS GRAIN YIELD

A. Ch. Skirukha, L. A. Bulavin, A. G. Vlasov, I. G. Brui, F. I. Privalov

The paper presents the results of the research on the effect of the predecessor and herbicides on the oats yield. It's established that when cultivating oats in the rotation after cereals and perennial grasses, the grain yield decreases by 5–8 % compared to legume predecessors. Using herbicides in oats cultivation increases the grain yield by 7.8–50.1 %, depending on the weed infestation level and the herbicide used.

УДК 633.15:631.559:631.58

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕЛЕНОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКА ПРИ ПОВТОРНОМ И БЕССМЕННОМ ПОСЕВЕ

А.А. Усеня, А.Ч. Скируха*, кандидаты с.-х. наук,* ***С. И. Тупик****, научный сотрудник,* ***Л. С. Пекарь,*** *агроном,* ***И. Н. Дашкевич,*** *лаборант*
РУП «Научно практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 23.03.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты исследований по изучению влияния предшественника, повторного и бессменного посева кукурузы на урожайность ее зеленой массы, которая зависит от предшествующей культуры и степени снижения густоты стояния растений в посевах. Установлено, что в результате повреждения посевов кукурузы личинками щелкунов количество погибших растений было наименьшим при возделывании кукурузы после клевера и люцерны с клевером 4 года пользования и составило соответственно 0,16–0,21 штук на 1 м погонный, а степень снижения густоты стояния растений к исходной составила после люцерны с клевером 1,9 %, клевера – 2,5 %. Количество погибших растений от повреж-*

дения личинками щелкунов было наибольшим при возделывании кукурузы в бессменных посевах (2,04 штук на 1 м погонный). При этом степень снижения густоты стояния растений к исходной составила 25,8 %.

Введение. Кукуруза в условиях Беларуси является основной силосной культурой. В настоящее время отмечается устойчивая тенденция роста посевных площадей кукурузы. На силос, зеленый корм и зерно её в последние годы высевалось более 1,2 млн га, а в 2025 г. посевная площадь на эти цели составила 1302,7 тыс. га, или 24,9 % в общей структуре посевов. Кукурузу в хозяйствах возделывают в полевых и кормовых севооборотах, а также в повторных и бессменных посевах на отдельных участках вне севооборотов. Данная культура, хотя и в меньшей степени, чем другие культуры, реагирует на размещение её по предшественникам.

Необходимо отметить, что увеличение посевных площадей кукурузы, несоблюдение севооборота, переход на минимальную обработку почвы и последствия глобального потепления климата привели к ухудшению фитосанитарной ситуации в агроценозах культуры за счет увеличения вредоносности насекомых. В первой половине вегетации кукурузы значительный вред растениям наносят проволочники – личинки жуков щелкунов. Из всех видов щелкунов в условиях республики основной вред наносят щелкун посевной (Aqriotes sputatop L), полосатый (A lineatus L) и темный (A obscures L) [1–3].

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2018–2025 гг. в стационарном полевом опыте, где изучались различные системы специализированных кормовых севооборотов, в разной степени насыщенных зерновыми, многолетними травами и пропашными культурами. Чередование культур в севооборотах следующее:

– Севооборот 1 – 1. Озимая рожь на зеленую массу + горох-овёс на зеленую массу; 2. Озимая пшеница; 3. Корнеплоды; 4. Ячмень + клевер; 5. Клевер; 6. Яровая пшеница; 7. Кукуруза; 8. Ячмень;

– Севооборот 2 – 1. Горох-овёс на зеленую массу + клевер; 2. Клевер; 3. Кукуруза; 4. Горох-овёс на зеленую массу + крестоцветные; 5. Корнеплоды;

– Севооборот 3 – 1. Горох-овёс на зеленую массу + люцерна с клевером; 2. Люцерна с клевером 1 г.п.; 3. Люцерна с клевером 2 г.п.; 4. Люцерна с клевером 3 г.п.; 5. Люцерна с клевером 4 г.п.; 6. Кукуруза;

– Севооборот 4 – 1. Корнеплоды; 2. Кукуруза; 3. Картофель;

– Севооборот 5 – 1. Кукуруза; 2. Кукуруза; 3. Кукуруза; 4. Кукуруза; 5. Кукуруза; 6. Горох-овёс на зеленую массу + клевер с тимофеевкой; 7. Клевер с тимофеевкой 1 г.п.; 8. Клевер с тимофеевкой 2 г. п.

– Кукуруза бессменно с 1980 года.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднеоподзоленая, развивающаяся на легком песчанисто-пылеватом суглинке, подстилаемом с глубины 50–80 см моренным суглинком. Пахотный слой почвы характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса 2,23–

2,46 %, общего азота – 0,105–0,112 %, подвижного фосфора (P_2O_5) – 175–220 мг/кг, обменного калия (K_2O) – 160–235 мг на 1 кг почвы, pH – 5,41–6,10.

Все севообороты изучаются на фоне применения 11,2 т навоза на 1 га пашни, минеральные удобрения вносятся с учетом биологических особенностей культур и в соответствии с рекомендациями по применению удобрений для данной зоны. Под кукурузу вносили $N_{120}P_{90}K_{150}$.

Учетная площадь делянки 50–54 $м^2$, повторность трёхкратная. Возделывали сорта изучаемых культур, районированные для данной климатической зоны. При протравливании семян кукурузы инсектицидный протравитель не применялся. В опытах возделывался гибрид кукурузы Полесский 175 СВ.

При проведении исследований изучалось влияние многолетних бобовых (клевера одногодичного использования, люцерны с клевером 1–4 г.п.), корнеплодов и яровой пшеницы как предшественников на урожайность зеленой массы кукурузы. При этом изучалось также влияние повторных и бессменных посевов кукурузы на урожайность зеленой массы.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что урожайность зеленой массы кукурузы зависит от предшествующей культуры и степени снижения густоты стояния растений в посевах (таблицы 1, 2).

Уменьшение густоты стояния растений на 1 м погонный приводило к снижению урожайности зеленой массы. Так, в среднем за восемь лет шестой ротации севооборотов урожайность зеленой массы кукурузы, размещаемой по яровой пшенице, составила 516 ц/га, практически на таком же уровне (507 ц/га) урожайность этой культуры находилась при размещении после корнеплодов. Размещение по клеверу одногодичного использования и люцерне с клевером 4 года пользования позволило получить урожайность соответственно 539 ц/га и 562 ц/га или 104 % и 109 % по сравнению с контрольным вариантом, где предшественником была яровая пшеница. В то же время размещение кукурузы в повторных и особенно в бессменных посевах привело к снижению урожайности зеленой массы на 71–124 ц/га (14–24 %) по сравнению с размещением по яровой пшенице и на 117–170 ц/га или на 23–33 % по сравнению с размещением по клеверу одногодичного пользования и люцерны с клевером 4 года пользования.

При проведении исследований определяли влияние предшественников на повреждение посевов кукурузы проволочником. Анализ полученных данных показывает (таблица 2), что в результате повреждения личинками щелкунов количество погибших растений было наименьшим при возделывании кукурузы после клевера и люцерны с клевером 4 г.п., и составило соответственно 0,16–0,21 штук на 1 м погонный. В среднем за восемь лет степень снижения густоты стояния растений кукурузы к исходной составила по люцерне с клевером 1,9 %, по клеверу – 2,5 %. Количество погибших растений от повреждения личинками щелкунов было наибольшим при возделывании кукурузы в бессменных посевах, где отмечено 2,04 штук на 1 м погонный. При этом степень снижения густоты стояния растений к исходной составила 25,8 %.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы кукурузы в севообороте, в повторном и бессменном посеве

Предшественник	Урожайность, ц/га									
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г.	2018–2025 гг.	%
Яровая пшеница	540	653	611	512	366	428	548	469	516	100
Клевер	594	672	657	537	395	410	560	483	539	104
Люцерна +клевер (1-4 г.п.)	602	665	672	552	387	440	587	587	562	109
Корнеплоды	549	557	659	500	376	377	543	495	507	98
Кукуруза (1-5 г. повторный посев)	518	512	575	430	336	379	458	352	445	86
Кукуруза (бессменный посев) с 1980 г.	401	388	458	412	324	364	367	423	392	76
$НСР_{05}$	34,5	40,4	38,3	30,8	32,5	32,4	36,4	38,6	35,5	

Таблица 2. Влияние предшественников на степень снижения густоты стояния растений в посевах кукурузы (2018–2025 гг.)

№ севооборота	Предшественник	Исходная густота стояния растений на 1 м погонный	Количество погибших растений от повреждений проволочником, штук на 1м погонный	Погибших растений к исходной густоте стояния, %
1	Яровая пшеница	8,17	0,24	2,9
2	Клевер	8,25	0,21	2,5
3	Люцерна +клевер (1-4 г.п	8,28	0,16	1,9
4	Корнеплоды	8,13	0,22	2,7
5	Кукуруза (2-5 г. повторный посев)	8,03	1,06	13,2
6	Кукуруза (бессменный посев) с 1980 г.	7,92	2,04	25,8

Заключение

Высокие урожаи зеленой массы кукурузы можно получать как при чередовании ее с другими культурами в севообороте, так и в повторных посевах. Кукуруза наиболее высокую урожайность зеленной массы обеспечила после зерновых культур, клевера одногодичного и травосмеси люцерна + клевер 4 г.п. – 516–562 ц/га. Высокую продуктивность она обеспечила также после кормовых корнеплодов в системе прифермских севооборотов – 507 ц/га. При размещении кукурузы в повторных посевах ее продуктивность составила 445 ц/га, что составляет 86 % от уровня зернового предшественника. При возделывании в бессменных посевах её продуктивность ещё больше снижалась и составила 392 ц/га, что на 24 % ниже, чем после зерновой культуры.

Литература

1. Трепашко, Л. И. Протравители семян кукурузы и зерновых культур для защиты посевов от проволочников / Л. И. Трепашко [и др.] // Защита растений: сб. науч. тр. РУП «Ин-т защиты растений»; гл. ред. Л. И. Трепашко. – Несвиж, 2010. – Вып. 34. – С. 210-215.

2. Трепашко, Л. И. Эффективный контроль проволочников / Л. И. Трепашко [и др.] // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 5. – С. 24-30.

3. Защита кукурузы и зернобобовых культур от проволочников / Л. И. Трепашко, О. В. Ильюк, А. В. Быковская, М. Г. Немкевич // Наше сельское хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 58-64.

MAIZE GREEN MASS YIELD DEPENDING ON THE PREDECESSOR IN THE REPEATED SOWING AND CONTINUOUS CROPPING

A. A. Usenya, A. Ch. Skirukha, S. I. Tupik, L. S. Pekar, I. N. Dashkevich

The paper deals with the results of the research on the impact of the predecessor, repeated sowing and continuous cropping of maize for green mass yield, which depends on the preceding crop and the degree of planting density. It was established that the number of dead plants due to click beetle damage to maize was the lowest when maize was grown after clover

and alfalfa with clover for 4 years of use, amounting to 0.16–0.21 plants per linear meter, respectively. The degree of plant density reduction compared to the initial level was 1.9 % after alfalfa with clover and 2.5 % after clover. The number of dead plants due to click beetle damage was the greatest when maize was grown in continuous cropping (2.04 plants per linear meter). At the same time the degree of plant density reduction compared to the initial level was 25.8 %.

УДК 633.63:631.51:632.5

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЗАСОРЕННОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПАДАЛИЦЕЙ РАПСА

Е.А. Шкраба*[1]*, *научный сотрудник,* ***Н.А. Лукьянюк*[2]***,*** *доктор с.-х. наук*
РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле»
КВС ЗААТ СЕ в Республике Беларусь
(Дата поступления статьи в редакцию 02.03.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты исследований по оценке влияния способа основной обработки почвы в звене севооборота озимый рапс – озимая пшеница – сахарная свекла на засоренность посевов сахарной свеклы. Установлено, что оптимальным вариантом в снижении засоренности падалицей рапса, обеспечивающим получение урожая на уровне 54,9 т/га и максимальные показатели экономической эффективности, является полупаровая обработка почвы под свеклу (дискование 10–12 см + вспашка 20–22 см + культивация 6–8 см). Под озимую пшеницу оптимально безотвальное рыхление на глубину 22–25 см.*

Введение. Сахарная свекла является одной из наиболее экономически значимых сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Беларуси. Потенциал урожайности корнеплодов сахарной свеклы в наших почвенно-климатических условиях находится в пределах 100–120 т/га.

Одним из факторов, влияющих на рост продуктивности сахарной свеклы, является контроль сорной растительности. Доказано, что потери урожайности корнеплодов данной культуры от сорняков без проведения защитных мероприятий могут достичь 80 % [1, 2].

Тип засорения свекловичного ценоза в Беларуси в основном однолетний двудольно-злаковый и традиционно включает марь белую, горец вьюнковый, щирицу запрокинутую, ромашку непахучую, горец птичий, ярутку полевую, просо куриное. Новой тенденцией в изменении структуры сорного ценоза является рост доли растений засорителей (рапс, картофель, подсолнечник, дикая свекла). Учитывая тот факт, что сахарная свекла и озимый рапс предъявляют одинаково высокие требования к плодородию почв и чаще всего возделываются в одном севообороте, наиболее актуальным, является контроль падалицы рапса [2, 3].

Основным, наиболее эффективным, является химический метод контроля данного засорителя, однако по данным маршрутных обследований после проведения гербицидных обработок, к моменту уборки падалица рапса была выявлена на 75 % посевов со средней численностью 1,4 шт/м^2. К основным причинам сложности химического контроля данного засорителя относятся раннее и неравномерное появление сорняка (до всходов свеклы) в результате чего к моменту проведения первой обработки гербицидами растения рапса часто приобретают фазовую устойчивость. Зачастую первая обработка происходит в условиях пониженных температур и дефицита влаги, что снижает гербицидную активность препаратов [3, 4, 5].

Для повышения эффективности химического контроля падалицы рапса важным элементом является снижение запаса семян засорителя в почве, что может быть достигнуто комплексом организационно-хозяйственных и агротехнических приемов [6, 7].

Длительное время отвальная вспашка считалась единственно верным способом снижения засоренности полей. Однако такая обработка почвы не пригодна для контроля семян сорняков с длительным периодом жизнеспособности. Она в большей степени перемещает семена сорняков из верхнего слоя в нижний, не вызывая их значительной гибели. При ежегодной вспашке последующий оборот пласта выносит семена сорняков наверх, где в аэробных условиях они успешно прорастают. В связи с этим для снижения запаса данных сорняков, к числу которых относиться и рапс, важно спровоцировать их прорастание с верхних слоев почвы [3, 6, 7].

Основной целью наших исследований являлась оценка эффективности различных приемов основной обработки почвы, направленных на снижение засоренности посевов сахарной свеклы.

Методика проведения исследований. Исследования проводились в 2015–2018 гг. на полях ГУ Экспериментальная база «Свекловичная», расположенных в Несвижском районе Минской области. Почва опытного участка среднеокультуренная, дерново-подзолистая, супесчаная, подстилаемая песком глубже 1,0 м. Агрохимические показатели: содержание гумуса – 2,12–2,26 %, подвижного фосфора – 190–202 мг/кг, обменного калия – 264–289 мг/кг, бора – 0,65–0,84 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 6,02–6,24.

Изучение влияния основной обработки почвы на засоренность посевов сахарной свеклы падалицей рапса проводили в звене севооборота озимый рапс – озимая пшеница – сахарная свекла. Под озимую пшеницу были заложены два варианта с основной обработкой почвы: вспашка (20–22 см) и безотвальное рыхление (22–25 см). Под сахарную свеклу после уборки пшеницы основная обработка почвы включала три варианта: вспашка (20–22 см); дискование (10–12 см) + вспашка (20–22 см); дискование (10–12 см) + вспашка (20–22 см) + культивация (6–8 см).

Удобрения применяли осенью до вспашки: навоз 60 т/га, $P_{90}K_{180}$, азотные удобрения – весной до посева N_{90} и в фазу ВВСН 13 – N_{40}. Норма высева – 1,3 п.е./га. Борные удобрения вносили в фазы ВВСН 39 и ВВСН 43 из расчета 600 г бора на гектар.

Под озимую пшеницу за 2–3 недели до основной обработки почвы вносили гербицид Спрут Экстра, ВР (3,0 л/га), на озимой пшенице – Атрибут, ВГ (0,06 кг/га) + Балерина, СЭ (0,4 л/га); на сахарной свекле – Бицепс Гарант, КЭ (1,0 л/га) + Пилот, ВСК (1,5 л/га) (ВВСН 10); Бицепс Гарант, КЭ (1,0 л/га) + Пилот, ВСК (1,5 л/га) + Трицепс, ВДГ (0,02 кг/га) (ВВСН 12); Бицепс Гарант, КЭ (1,0 л/га) + Пилот, ВСК (1,5 л/га) + Трицепс, ВДГ (0,02 кг/га) (ВВСН 15); Лонтрел 300, ВР (0,4 л/га) (ВВСН 13); Миура, КЭ (0,8 л/га) (ВВСН 14).

Фунгицид Альто Супер, КЭ (0,75 л/га) использовали в фазу ВВСН 43 и Титул ДУО, ККР (0,32 л/га) в фазу ВВСН 46.

Повторность опыта – двукратная, общая площадь делянки 0,5 га, учетной – 0,15 га. Учет сорняков проводили согласно общепринятой методике [8].

Уборка механизированная свеклоуборочным комбайном Холмер, урожайность – поделяночным взвешиванием. Технологические качества определялись по общепринятым методикам на автоматической линии «Венема» [9, 10].

Экономическую эффективность изучаемых агроприемов оценивали по методике определения эффективности новой техники, применяемой в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [11, 12].

Для статистической обработки экспериментальных данных применяли метод дисперсионного анализа при помощи пакета компьютерных программ, входящих в состав Microsoft Excel [8].

Результаты исследований. Установлено, что на фоне вспашки под озимую пшеницу в эталонном варианте численность сорняков в среднем за 2 года исследований составила 31 шт/м^2, в том числе падалицы рапса – 10,5 шт/м^2. В варианте 2, где было проведено дискование посевов на 3–5 сутки после уборки пшеницы, количество сорняков перед вспашкой составило 58 шт/м^2, что на 87 % выше, чем в эталоне. Количество взошедших растений падалицы рапса также возросло до 21,5 шт/м^2 (+11,0 шт/м^2). Еще более значимые показатели по засоренности были получены в варианте 3, где после вспашки была проведена культивация. В данном варианте общее количество взошедших сорняков составило 98,5 шт/м^2, в том числе рапса 45,0 шт/м^2. На фоне безотвальной обработки, которая была проведена под озимую пшеницу в варианте 1 ($В_{20-22}$) и варианте 2 ($Д_{10-12} + В_{20-22}$) отмечен рост численности сорняков на 43,0 и 81,0 шт/м^2, что на 38,7 % и 39,6 % выше, чем на фоне вспашки. Однако отмечены различия в варианте 3. Так, если до вспашки количество взошедших сорняков было выше на фоне безотвального рыхления на 73,0 и 53,5 шт/м^2, что связано с более высокой численностью семян в верхнем слое почвы, то после проведения вспашки под сахарную свеклу наблюдалась обратная тенденция, на фоне вспашки в варианте 3 перед культивацией количество взошедших сорняков составило 45,0 шт/м^2, что выше на 34,4 %, чем на фоне с безотвальным рыхлением.

Погодные условия оказали значимое влияние на прорастание сорняков. Так, в 2015 г. период с августа по третью декаду сентября был жарким (+2,5 ºС к среднемноголетнему) и сухим (52,4 % от нормы), что неблагоприятно отразилось на появлении всходов сорняков в осенний период. Так, в

эталонном варианте на фоне вспашки численность сорняков не превысила 18 шт/м^2, а на фоне безотвальной обработки – 24 шт/м^2, в том числе растений падалицы рапса 7 и 12 шт/м^2 соответственно. Проведение дискования в сложившихся погодных условиях способствовало более активному прорастанию сорняков и к моменту вспашки их количество на фоне А составило 31–34 шт/м^2, на фоне Б – 50–58 шт/м^2, в том числе рапса 16–17 шт/м^2 и 34–38 шт/м^2 соответственно. Выпавшие в середине октября осадки спровоцировали появление зимующих и озимых сорняков на прорастание, в связи с чем к моменту проведения культивации их численность на фоне вспашки составила 38 шт/м^2, на фоне безотвального рыхления – 21 шт/м^2 (таблица 1).

Таблица 1. Численность сорняков перед проведением обработок, шт/м^2

Вариант	Прием	2015 г.		2017 г.		среднее	
		всего	рапса	всего	рапса	всего	рапса
Фон А – Вспашка***							
$В_{20-22}$ (эталон)	*$В_{20-22}$	18	7	44	14	31,0	10,5
$Д_{10-12}$ + $В_{20-22}$	$Д_{10-12}$	-	-	-	-	-	-
	*$В_{20-22}$	34	17	82	26	58,0	21,5
$Д_{10-12}$ + $В_{20-22}$ + $К_{6-8}$	$Д_{10-12}$	-	-	-	-	-	-
	*$В_{20-22}$	31	16	76	24	53,5	20,0
	**$К_{6-8}$	38	22	52	28	45,0	25,0
Фон Б – Безотвальное рыхление							
$В_{20-22}$ (эталон)	*$В_{20-22}$	24	12	62	18	43,0	15,0
$Д_{10-12}$ + $В_{20-22}$	$Д_{10-12}$	-	-	-	-	-	-
	*$В_{20-22}$	58	34	104	40	81,0	37,0
$Д_{10-12}$ + $В_{20-22}$ + $К_{6-8}$	$Д_{10-12}$	-	-	-	-	-	-
	*$В_{20-22}$	50	38	96	34	73,0	36,0
	**$К_{6-8}$	21	14	38	20	29,5	17,0

Примечание: * – учет сорняков проведен перед вспашкой; ** – учет сорняков проведен перед культивацией; *** – вспашка под предшественник

В 2017 г. температура воздуха и количество выпавших осадков в августе – октябре были благоприятными для появления всходов сорняков. Так, в изучаемых вариантах на фоне вспашки их численность составила 44,0–128 шт/м^2, на фоне безотвального рыхления – 62,0–134 шт/м^2 и была в 1,85–2,41 и 1,79–2,58 раза выше, чем в 2015 г. Тенденция по численности сорняков в изучаемых вариантах была схожа с результатами 2015 г. (таблица 1).

Учет засоренности, проведенный до обработок гербицидами, не выявил значимых различий в общей численности сорняков в вариантах опытов на фоне вспашки и безотвального рыхления. Однако в вариантах на фоне безотвальной обработки наблюдалась более низкая численность падалицы рапса (12,2–18,0 шт/м^2), чем на фоне вспашки (23,0–29,0 шт/м^2). При более интенсивной системе осенней обработки почвы численность сорняков в ранневесенний период составила 90,0–90,2 шт/м^2 и была ниже в сравнении с эталонным вариантом – 118,4–124,6 шт/м^2 (таблица 2).

Таблица 2. Засоренность посевов сахарной свеклы в зависимости от системы основной обработки почвы (среднее за 2016 г., 2018 г.)

Вариант	Засоренность посевов, шт/м^2					
	до применения гербицидов		после применения гербицидов			
			учет 1*		учет 2*	
	всего	рапса	всего	рапса	всего	рапса
Фон А – Вспашка						
$В_{20-22}$ (эталон)	124,6	29,0	4,4	1,4	3,8	0,8
$Д_{10-12} + В_{20-22}$	94,0	24,6	3,6	0,8	2,6	0,8
$Д_{10-12} + В_{20-22} + К_{6-8}$	90,2	23,0	2,8	0,6	2,2	0,6
Фон Б – Безотвальное рыхление						
$В_{20-22}$ (эталон)	118,4	18,0	4,2	1,0	3,2	0,6
$Д_{10-12} + В_{20-22}$	92,8	14,4	4,0	0,6	3,0	0,6
$Д_{10-12} + В_{20-22} + К_{6-8}$	90,0	12,2	2,2	0,6	2,0	0,4

Примечание: * – количество сорняков, шт/м^2

Результаты учета, проведенного через 15 суток после завершения химических обработок, свидетельствуют о значительном сокращении численности сорных растений в свекловичном агроценозе. Так, максимальная засоренность отмечена в эталонном варианте на обоих фонах – 4,4 шт/м^2 и 4,2 шт/м^2, в том числе падалицы рапса – 1,4 шт/м^2 и 1,0 шт/м^2 соответственно. Минимальная засоренность отмечена в варианте, где проводилось дискование, вспашка и культивация – 2,8 шт/м^2 и 2,2 шт/м^2, в том числе падалицы рапса 0,6 шт/м^2. При проведении второго учета через 30 суток после завершения обработок гербицидами отмечалась тенденция в дальнейшем снижении засоренности посева.

Проведена оценка продуктивности сахарной свеклы и технологических показателей корнеплодов в изучаемых вариантах. Установлено, что в среднем за годы исследований в эталонном варианте урожайность корнеплодов составила 50,6 т/га (фон А) и 51,6 т/га (фон Б). Наибольшая урожайность корнеплодов получена в варианте 3, где проводилась наиболее интенсивная обработка почвы осенью ($Д_{10-12} + В_{20-22} + К_{6-8}$), – 54,1 т/га на фоне вспашки и 54,9 т/га на фоне безотвальной обработки, однако прибавка урожая не была подтверждена результатами дисперсионного анализа. В данном варианте был получен и максимальный выход сахара с гектара – 8,0 и 8,2 т/га, причем на обоих фонах прибавка 0,5 и 0,6 т/га была достоверной. Не было выявлено различий между вариантами в содержании сахара и альфа-аминного азота в корнеплодах (таблица 3).

В 2016 г. погодные условия в период активного роста корнеплода (август – сентябрь) складывались неблагоприятно из-за дефицита влаги и высоких температур воздуха. Урожайность корнеплодов и выход сахара на фоне вспашки составили 46,6–51,1 т/га и 7,1–7,7 т/га, на фоне безотвальной обработки – 48,1–52,3 т/га и 7,4–8,0 т/га соответственно. На обоих фонах вариант с интенсивной осенней обработкой почвы ($Д_{10-12} + В_{20-22} + К_{6-8}$) обеспечил достоверную прибавку урожайности 4,2–4,5 т/га и выход сахара с гектара 0,6 т в

сравнении с эталонным вариантом. В 2018 г. погодные условия были благоприятными для роста сахарной свеклы, в связи с чем существенных различий в урожайности, сахаристости и выходе сахара с гектара между изучаемыми вариантами не выявлено (таблица 3).

Таблица 3. Влияние обработки почвы на продуктивность корнеплодов сахарной свеклы (среднее за 2016, 2018 г.)

Вариант	Урожайность, т/га			Сахаристость, %	AmN, ммоль/кг	Выход сахара, т/га
	2016г.	2018г.	среднее			
Фон А – Вспашка						
$В_{20-22}$ (эталон)	46,6	54,6	50,6	17,4	27,4	7,5
$Д_{10-12} + В_{20-22}$	49,4	56,3	52,9	17,2	26,5	7,7
$Д_{10-12} + В_{20-22} + К_{6-8}$	51,1	57,1	54,1	17,4	28,3	8,0
$НСР_{05}$	*4,2*	*4,8*	*4,5*	*0,4*		*0,5*
Фон Б – Безотвальное рыхление						
$В_{20-22}$ (эталон)	48,1	55,0	51,6	17,4	26,6	7,6
$Д_{10-12} + В_{20-22}$	50,4	57,0	53,7	17,2	27,1	7,8
$Д_{10-12} + В_{20-22} + К_{6-8}$	52,3	57,4	54,9	17,5	26,3	8,2
$НСР_{05}$	*3,6*	*4,4*	*4,0*	*0,4*		*0,5*

Проведена экономическая оценка различных способов основной обработки почвы при возделывании сахарной свеклы. При осенней обработке почвы по типу полупара (дискование 10–12 см + вспашка 20–22 см + культивация 6–8 см) на обоих фонах (вспашка и безотвальное рыхление под озимую пшеницу) получены максимальные показатели чистого дохода 2551,35 руб/га и 2673,01 руб/га, что на 259,95 руб. и 273,28 руб. выше, чем в эталонном варианте. В данном варианте установлены и наиболее высокие показатели рентабельности 74,0 % и 77,4 %, что на 5,0 % и 5,2 % выше, чем в варианте, где применялась только осенняя вспашка. Использование осенью полупаровой обработки почвы в сравнении с эталоном снизило себестоимость корнеплодов на 1,8 руб/га и 1,5 руб/га соответственно (таблица 4).

Таблица 4. Экономическая эффективность основной обработки почвы при возделывании сахарной свеклы

Вариант	Стоимость продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость, руб./т
Фон – Вспашка					
$В_{20-22}$ (эталон)	5612,8	3321,40	2291,40	69,0	65,6
$Д_{10-12} + В_{20-22}$	5800,5	3396,88	2403,61	70,8	64,2
$Д_{10-12} + В_{20-22} + К_{6-8}$	6001,0	3449,69	2551,35	74,0	63,8
Фон – Безотвальное рыхление					
$В_{20-22}$ (эталон)	5723,7	3324,00	2399,73	72,2	64,4
$Д_{10-12} + В_{20-22}$	5888,2	3398,95	2489,25	73,2	63,3
$Д_{10-12} + В_{20-22} + К_{6-8}$	6124,8	3451,77	2673,01	77,4	62,9

Нами установлено, что применение безотвального рыхления под пшеницу озимую обеспечивает более высокие показатели экономической эффективности. Так, в вариантах на фоне безотвального рыхления дополнительный чистый доход составил 85,64–121,66 руб/га, рост рентабельности 2,4–3,4 % и снижение себестоимости 0,9–1,2 руб/т.

Выводы

1. Система основной обработки почвы оказывает влияние на запас семян в почве и исходную засоренность в весенний период. Применение химической системы контроля сорной растительности существенно нивелирует различия в исходной засоренности. Наименьшая засоренность посевов сахарной свеклы 2,0–2,2 шт/м^2 получена при полупаровой обработке почвы в осенний период, включающей дискование (10–12 см) через 3–5 дней после уборки озимой пшеницы; вспашке (20–22 см) через 40–45 дней после дискования; осенней культивации на 6–8 см (через 20–25 дней после вспашки).

2. Полупаровая обработка является оптимальным приемом осенней подготовки почвы, обеспечивающим максимальный урожай 54,1–54,9 т/га и выход сахара с гектара 8,0–8,2 т. При этом ее хозяйственная эффективность зависит от погодных условий в период вегетации культуры.

3. Использование в звене севооборота озимый рапс – озимая пшеница – сахарная свекла полупаровой обработки почвы под сахарную свеклу, включающей дискование на глубину 10–12 см, вспашку на 20–22 см и культивацию на 6–8 см, является экономически оправданным приемом. Он позволяет получить дополнительный чистый доход 259,95–273,28 руб/га, повысить рентабельность производства на 5,0–5,2 % и снизить себестоимость корнеплодов на 1,5–1,6 руб/т. Предпочтительно под озимую пшеницу проводить безотвальное рыхление, что повышает экономические показатели при возделывании сахарной свеклы.

Литература

1. Ботько, А.В. Защита посевов сахарной свеклы от падалицы рапса озимого и другой сегетальной растительности / А.В. Ботько, С.Н. Гайтюкевич, М.И. Гуляка // Земледелие и защита растений. – 2017. – Приложение к №3. – С. 34-37.

2. Шпаар, Дитер Выращивание сахарной свеклы / Дитер Шпаар, Михаил Сушков. – Москва, 1996. – 144 с.

3. Лукьянюк, Н.А. Особенности формирования сорного ценоза в посевах сахарной свеклы Республики Беларусь / Н. А. Лукьянюк // Защита растений : сборник научных трудов / РУП "Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию", Республиканское научное дочернее унитарное предприятие "Институт защиты растений". – Минск : Колорград, 2020. – Вып. 44. – С. 35-43.

4. Гайтюкевич, С.Н. Биологическая и хозяйственная эффективность применения комбинаций гербицидов против падалицы рапса озимого и другой сорной растительности в посевах сахарной свеклы / С.Н. Гайтюкевич, Е.А. Шкраба // Научное обеспечение отрасли свекловодства: матер. Межд. научн.-практ. конф., посвященной 90-летию РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле», Несвиж, 5-6 сентября 2018 г. ; редкол.: М.И. Гуляка [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2013. – С. 173-184.

5. Шкраба, Е.А. Распространенность и вредоносность падалицы рапса в посевах сахарной свеклы / Е.А. Шкраба, Н.А. Лукьянюк // Земледелие и растениеводство. – 2025. – №2. – С. 4-8.

6. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / Нац. акад. наук Респ. Беларусь; Ин-т защиты растений НАН Беларуси; под ред. С.В. Сороки. – Минск: Бел. наука, 2005. – 462 с.

7. Система защитных мероприятий посевов сахарной свеклы от сорных растений в интенсивных технологиях ее возделывания в 1998 году / К.П. Паденов. – Минск – Прилуки, 1998. – 28 с.

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

9. Методические указания по оценке качества сахарной свеклы. – М.: ВНИИСП, 1981. – 7 с.

10. Глеваский, И. В. Свекловодство : практикум / И. В. Глеваский, В. Ф. Зубенко, А. С. Мельниченко – Киев : Выща шк., 1989. – 206 с.

11. Баранов, Н.Н. Методические указания по определению экономической эффективно сти удобрений и других средств химизации, применяемых в сельском хозяйстве / Н.Н. Баранов, В.А. Захаров. – М.: Колос, 1979. – С. 3-15.

12. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151-2008. – Введ. 17.11.2008. – Минск: Минсельхозпрод, Белорус. машиноиспытательная станция, 2008. – 15 с.

INFLUENCE OF THE BASIC TILLAGE METHOD ON SUGAR BEET INFESTATION WITH RAPE SEEDS FALL

E. A. Shkraba, N. A. Lukyaniuk

The paper demonstrates the results of the research on assessing the impact of the basic tillage method in the rotation winter rape – winter wheat – sugar beet on the infestation of sugar beet. It's established that the optimal option reducing the infestation with rape seed fall and ensuring the yield of 54.9 t/ha and maximum economic efficiency is a semi-fallow tillage for beet (disking plowing 10-12 cm + plowing 20-22 cm + cultivation 6-8 cm). For winter wheat, it's the optimal subsurface tillage to the depth of 22-25 cm.

УДК 631.34:632.5

ПРИМЕНЕНИЕ АГРОДРОНОВ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Е. А. Якимович, *кандидат с.-х. наук,* ***С. В. Сорока,*** *доктор с.-х. наук,*
Л. И. Сорока, *кандидат с.-х. наук,* ***О. А. Шкляревская,*** *кандидат с.-х. наук,*
О. К. Лобач, *старший научный сотрудник*
РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н

(Дата поступления статьи в редакцию 31.07.2026)

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

Аннотация. *Установлена технологическая возможность применения гербицидов с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА) А60-Х и ХАG 2020 для борьбы с многолетними сорными растениями (борще-*

вик Сосновского и золотарник канадский) методом УМО с получением высокой биологической эффективности. Отмечено, что скорость ветра при проведении обработок не должна превышать 3–4 м/с.

Введение. В настоящее время борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) и золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.) активно заселяют обочины дорог, заброшенные поля, пустыри, земли под ЛЭП, парки, скверы и городские территории. Очень часто их можно встретить по лесным участкам вдоль ручьев и небольших лесных рек, где они образуют довольно плотные заросли. На территории страны наблюдается произрастание борщевика и золотарника под покровом леса, где проводить мероприятия по борьбе с данными опасными видами очень сложно [1].

Борщевик Сосновского и золотарник канадский включены в перечень инвазивных растений, запрещенных к интродукции и (или) акклиматизации (Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 28.11.2008 № 106 «О некоторых вопросах регулирования интродукции и (или) акклиматизации растений»). Распространение и численность данных растений подлежит ограничению (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 07.12.2016 № 1002 «О некоторых вопросах регулирования распространения и численности видов растений»).

Улучшение фитосанитарной обстановки только ручным и механическим способами трудоемко и требует больших затрат, поэтому применение гербицидов приобретает большое практическое значение.

В традиционном способе производства основными методами защиты сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней являются механизированные способы обработки. Однако с дальнейшим развитием точного и интеллектуального земледелия значительная роль будет принадлежать инновационным беспилотным системам.

Применение агродронов в сельском хозяйстве имеет огромный потенциал и с каждым годом интерес к их использованию растет. Беспилотники оснащаются мультиспектральными камерами, высокая четкость изображения которых позволяет точно определять проблемные участки поля, разнообразными датчиками, системами спутниковой навигации, малогабаритными бортовыми компьютерами и оборудованием для внесения средств защиты растений и удобрений. Беспилотные летательные аппараты в сельском хозяйстве смогут решать следующие задачи: создание электронных карт полей (построение 3D модели полей); оперативный мониторинг состояния посевов (агродроны позволяют быстро и эффективно строить карты по всходам); оценку всхожести сельскохозяйственных культур; прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур; экологический мониторинг сельскохозяйственных земель; опрыскивание посевов химическими препаратами для борьбы с вредителями и болезнями и др. операции [2, 3].

Растет интерес использования агродронов для внесения средств защиты растений. В последние годы использование сельскохозяйственных дронов

резко возросло благодаря огромному рыночному спросу. В отличие от наземных способов обработки площадей, дроны могут летать низко и медленно, обрабатывая проблемные или труднопроходимые участки. В свою очередь, это позволяет дать новый толчок в развитии технологии ультрамалообъемного опрыскивания (УМО).

УМО относится к более прогрессивной и экономичной форме авиационной обработки – нанесение жидкого пестицида без разбавления в тонкодисперсном состоянии на обрабатываемую поверхность до 5 дм^3/га [4]. По данным глоссария [5] УМО – наземное или авиационное опрыскивание растений в борьбе с вредителями и болезнями растений и сорняками с использованием рабочего раствора пестицида до 5 л/га. В некоторых случаях, когда используется суспензия препарата высокой концентрации, расход рабочей жидкости может достигать 8–11 л/га.

Материалы и методы. В Республике Беларусь испытание агродрона (производства китайско-белорусского СЗАО «Авиационные технологии и комплексы») было апробировано на базе РУП «Институт защиты растений» в лаборатории гербологии. Исследования проводились по заданию «Разработать технологию применения средств защиты растений методом УМО с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов-опрыскивателей)» (ГНТП «Цифровые технологии и роботизированные комплексы», 2021–2025 гг.).

Полетные задания агродронами A60-X в борьбе с борщевиком Сосновского проводили на базе хозяйства ОАО «Смолевичи-Бройлер» Смолевичского района в 2022 г., A60-X и XAG 2020 в борьбе с золотарником канадским – ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис» Смолевичского района Минской области в 2022–2023 гг.

В день обработки (03.06.2022) против борщевика Сосновского в ОАО «Смолевичи-Бройлер» погодные условия в утренние часы были оптимальными: ветер 3 м/с, влажность воздуха – 68 %, температура воздуха – 20 ºС. Внесение гербицидов против борщевика Сосновского проводили агродроном с выставленными параметрами на пульте управления «ШИМ» (широтно-импульсная модуляция): высота полета – 1,5 м, ширина захвата – 3 м, скорость полета – 6 м/с, норма расхода рабочего раствора – 7 л/га.

Обработка на базе ИЧУСП «Штоц Агро-Сервис» против золотарника канадского проведена 03.06.2022 г. в послеобеденный период в автоматическом режиме полета БЛА (XAG 2020) при следующих параметрах: высота 2 м, ширина между проходами БЛА (галсами) 4 м, скорость полета 6 м/с. Скорость ветра составляла 4–6 м/с с его усилениями до 6–8 м/с. Участок характеризовался разной крутизной склона: первая половина 3–10 % без лесозащиты с подветренной стороны, вторая – с крутизной склона от 10 до 15 % с отдельно стоящими деревьями и имеющей ветрозащиту в виде лесополос (с обеих сторон). Кроме того, участок с ветрозащитой характеризовался наличием сухих одревесневших растительных остатков золотарника канадского прошлых вегетационных сезонов. Направление ветра перпендикулярно движения дрона-опрыскивателя. Направление полета дрона – вдоль лесополос.

На момент обработки в 2022 г. высота золотарника канадского составляла 35–65 см, доля растений выше 50 см – 60–70 %.

В 2023 г. полет агродроном А60-Х в борьбе с золотарником канадским был проведен 04.06.2023 г. в ИЧУСП «Штоц Агро-Сервис». Погодные условия: ветер преимущественно 3–4 м/с, влажность воздуха 50–60 %, температура воздуха – 21 ºС. Параметры полета: высота 2 м, ширина между проходами БЛА (галсами) – 4 м, скорость полета – 6 м/с, норма расхода рабочей жидкости – 7 л/га.

На опытном участке произрастал золотарник канадский высотой 20–82 см, отдельные растения достигали 100 см. Доля растений выше 50 см составляла 70–80 %.

Результаты исследований и их обсуждение. На отведенном участке в 2022 г. в ОАО «Смолевичи-Бройлер» (03.06.2022 г.), где произрастал борщевик Сосновского, был проведен количественный учет засоренности до обработки гербицидами. Общая численность борщевика Сосновского составляла 4,8 шт/м^2, высота растений достигала 30–50 см. На данном участке кроме борщевика Сосновского произрастали и другие виды растений, такие как золотарник канадский, крапива двудомная, бодяк полевой, пырей ползучий, чертополох паутинистый, пастернак посевной, чернобыльник и др.

Анализ данных количественно-весового учета, проведенного через месяц после внесения гербицидов, показал высокую эффективность в снижении вегетативной массы растений борщевика Сосновского. При внесении гербицида Вольник Супер, ВР (4,0–5,0 л/га) масса снизилась на 92,7–93,2 %, при внесении гербицида Гроза Ультра, ВР (4,0–5,0 л/га) – на 94,9–95,8 % (таблица 1).

Таблица 1. Эффективность глифлосатсодержащих гербицидов в борьбе с борщевиком Сосновского с помощью агродрона А60-Х (полевой опыт, ОАО «Смолевичи-Бройлер», 2022 г.)

Вариант	Численность растений, шт/м^2	Масса растений, г/м^2	Эффективность, %	
			по численности	по массе
Контроль без обработки	4,0	3292,0	–	–
Вольник Супер, ВР – 4,0 л/га	3,0	240,0	25,0	92,7
Вольник Супер, ВР – 5,0 л/га	2,0	225,0	50,0	93,2
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га	2,0	167,5	50,0	94,9
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га	2,0	139,0	50,0	95,8

При внесении глифосатсодержащих гербицидов численность растений борщевика Сосновского снизилась на 25,0–50,0 %. В дальнейшем отмечалось отрастание инвазивных растений.

На базе ИЧУСП «Штоц Агро-Сервис» (2022 г.) на участке площадью 1,4 га наблюдалась высокая плотность произрастания золотарника канадского: в первой части участка общая численность составляла 175 стеблей/м^2, во второй – 73,5 стеблей/м^2.

На открытом участке при внесении глифосатсодержащих гербицидов (при порывах ветра) наблюдалось визуальное смещение границ обрабатываемых вариантов на 1–1,5 м. Через 14 дней после внесения глифосатсодержащих гербицидов на защищенном лесопосадкой участке существенного сноса не отмечено. Золотарник канадский и другая травянистая растительность на 14 день после обработки имели разную интенсивность окраски с увеличением гербицидного действия (согласно схеме опыта) при повышении норм расхода применяемых гербицидов. На открытом участке (не защищенной лесопосадкой) границы между вариантами опыта смазанные. Полной гибели золотарника канадского и другой травянистой растительности по всем участкам опыта не наблюдалось.

По результатам количественно-весового учета на участке без ветрозащиты через месяц после обработки гербицидом Гроза Ультра, ВР, в зависимости от нормы внесения, численность золотарника канадского снизилась на 42,7–74,8 %, его масса – на 82,8–93,2 %. После применения гербицида Торнадо 540, ВР золотарник канадский погиб на 14,6–56,3 %, его масса уменьшилась на 69,9–91,4 % (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность глифосатсодержащих гербицидов против золотарника канадского, внесенных агродроном XAG 2020 (полевой опыт, ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис», 2022 г.)

Вариант	Численность до обработки, стеблей/м^2	Снижение, % к контролю без обработки гербицидом			
		через месяц		через 2 месяца	
		по численности	по массе	по численности	по массе
С ветрозащитой в виде лесополос					
Контроль без обработки	73,5	119,0	3399,0	135,0	4945,0
Гроза Ультра, ВР – 1,8 л/га		42,9	83,2	37,8	81,5
Гроза Ультра, ВР – 2,6 л/га		27,7	76,2	40,0	83,7
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га		42,9	85,3	62,2	89,1
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га		36,1	84,3	61,5	92,5
Торнадо 540, ВР – 1,8 л/га		13,5	77,2	41,5	89,7
Торнадо 540, ВР – 2,6 л/га		15,1	78,0	42,2	89,4
Торнадо 540, ВР – 3,7 л/га		35,3	81,8	44,7	89,2
Торнадо 540, ВР – 5,3 л/га		39,5	89,4	55,6	87,3
Без ветрозащиты					
Контроль без обработки	175,0	103,0	1564,0	–	–
Гроза Ультра, ВР – 1,8 л/га		42,7	82,8	–	–
Гроза Ультра, ВР – 2,6 л/га		69,9	90,7	–	–
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га		72,8	92,1	–	–
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га		74,8	93,2	–	–
Торнадо 540, ВР – 1,8 л/га		14,6	76,5	–	–
Торнадо 540, ВР – 2,6 л/га		34,0	69,9	–	–
Торнадо 540, ВР – 3,7 л/га		48,5	81,2	–	–
Торнадо 540, ВР – 5,3 л/га		56,3	91,4	–	–

Второй учет (через 2 месяца после обработки) на участке без ветрозащиты не проводился ввиду равномерного действия гербицидов независимо от нормы внесения при сносе на прилегающую территорию на расстояние 4–5 м.

На участке с ветрозащитой (в виде лесополос с обеих сторон участка) через месяц после внесения гербицида Гроза Ультра, ВР в нормах 1,8–5,0 л/га гибель золотарника канадского составила 27,7–42,9 % по численности и 76,2–85,3 % по массе. При применении гербицида Торнадо 540, ВР (1,8–5,3 л/га) его численность снизилась на 13,5–39,5 %, масса – на 77,2–89,4 %. Через 2 месяца численность золотарника канадского снизилась на 37,8–62,2 %, масса – на 81,5–92,5 %. В вариантах с Торнадо 540, ВР золотарник канадский погиб на 41,5–55,6 % по численности и на 87,3–89,7 % – по массе.

При учете через месяц гибель растений до 50 см составляла 100 % независимо от нормы внесения глифосатсодержащих гербицидов. На растения золотарника канадского выше 50 см действие гербицидов было несколько ниже.

В 2023 г. при учете через месяц после внесения гербицида Гроза Ультра, ВР на участке с ветрозащитой (в виде лесополос с обеих сторон) биологическая эффективность против золотарника канадского составила 81,1–87,4 % по численности и 84,3–92,4 % – по массе. Через 2 месяца после применения гербицида золотарник канадский погиб на 54,6–78,5 % при снижении вегетативной массы на 78,6–89,4 % (таблица 3).

Применение гербицида Торнадо 540, ВР позволило снизить численность золотарника канадского на 79,9–92,5 %, массы – на 82,5–92,6 % при 100 % гибели растений золотарника канадского высотой до 50 см. Через 2 месяца его гибель составила 62,0–80,4 %, вегетативная масса уменьшилась на 85,6–92,3 %.

На растениях золотарника канадского высотой более 50 см эффективность гербицидов была несколько ниже.

На участке без ветрозащиты биологическая эффективность глифосатсодержащих гербицидов стабильно высокая через один и два месяца после их применения и приближается к 100 % практически во всех вариантах опыта (таблица 3).

В среднем за 2 года на участке с ветрозащитой в виде лесополос эффективность применения глифосатсодержащего гербицида Гроза Ультра, ВР (1,8–5,0 л/га) через месяц после обработки составляла по снижению массы золотарника канадского 81,7–88,4 %, через 2 месяца – 80,1–89,7 %, Торнадо 540, ВР (1,8–5,3 л/га) через месяц 82,2–91,0 %, через два месяца – 86,5–91,0 %.

На основании проведенных исследований были разработаны условия проведения гербицидных обработок по технологии УМО агродронами: оптимальная температура воздуха +12…+22 ºС (при + 25 ºС любые химические обработки не допускаются); скорость ветра не более 3–4 м/с; относительная влажность воздуха не ниже 60 %; густота покрытия целевых объектов по

Таблица 3. Эффективность глифосатсодержащих гербицидов против золотарника канадского, внесенных агродроном А60-Х (полевой опыт, ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис», 2023 г.)

Вариант	Численность до обработки, стеблей/м^2	Снижение, % к контролю без обработки гербицидом			
		через месяц		через 2 месяца	
		по численности	по массе	по численности	по массе
С ветрозащитой в виде лесополос					
Контроль без обработки	137,5	159,0	1599,0	163,0	3854,0
Гроза Ультра, ВР – 1,8 л/га		86,2	84,3	55,8	78,6
Гроза Ультра, ВР – 2,6 л/га		87,4	87,2	78,5	89,4
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га		81,1	89,2	54,6	84,5
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га		86,2	92,4	69,9	86,9
Торнадо 540, ВР – 1,8 л/га		90,6	89,4	80,4	92,3
Торнадо 540, ВР – 2,6 л/га		90,6	91,2	76,7	87,0
Торнадо 540, ВР – 3,7 л/га		79,9	82,5	64,4	85,7
Торнадо 540, ВР – 5,3 л/га		92,5	92,6	62,0	85,6
Без ветрозащиты					
Контроль без обработки	92,0	159,0	1599,0	163,0	3854,0
Гроза Ультра, ВР – 1,8 л/га		93,1	96,4	72,4	90,5
Гроза Ультра, ВР – 2,6 л/га		88,7	93,3	71,8	89,7
Гроза Ультра, ВР – 4,0 л/га		94,3	94,9	74,2	89,3
Гроза Ультра, ВР – 5,0 л/га		96,2	97,0	90,8	96,4
Торнадо 540, ВР – 1,8 л/га		93,1	94,0	92,6	96,2
Торнадо 540, ВР – 2,6 л/га		93,7	94,7	57,1	78,6
Торнадо 540, ВР – 3,7 л/га		79,9	82,5	100	100
Торнадо 540, ВР – 5,3 л/га		90,6	92,6	49,1	77,1

числу капель должна составлять не менее 20 шт/см^2; основная фракция распыленной дисперсной среды – капли с низким поверхностным натяжением диаметром 120–150 мкм; неравномерность распределения капель распыляемой дисперсной среды (шт/см^2) не более 25 %. Данные рекомендации были включены в разработанный проект Отраслевого технологического регламента применения гербицидов с использованием БЛА для борьбы с многолетними сорными растениями (борщевик Сосновского, золотарник канадский).

Заключение

Проведенные исследования (2022–2023 гг.) по борьбе с борщевиком Сосновского и золотарником канадским с помощью агродронов А60-Х и XAG 2020 при внесении глифосатсодержащих гербицидов показали высокую биологическую эффективность через месяц после обработки. Применение глифосатсодержащих гербицидов (Вольник Супер, ВР, Гроза Ультра, ВР, Торнадо 540, ВР) позволило снизить вегетативную массу растений борщевика Сосновского на 92,7–95,8 %, золотарника канадского – на 81,7–91,0 %.

Эффективность применяемых глифосатсодержащих препаратов зависит не столько от нормы их применения, сколько от уязвимой фазы растения (высоты). На участках, где растения борщевика Сосновского в момент обработки будут выше 30 см, а золотарника канадского выше 50 см эффективность гербицидов снижается. При благоприятных условиях (выпадении обильных осадков) отмечается появление побегов золотарника канадского, а также отрастание растений борщевика Сосновского.

По результатам проведенных полетов БЛА по изучению эффективности глифосатсодержащих гербицидов в условиях наличия/отсутствия ветрозащиты (в виде лесополос) при высоте полета 2 м подтвердились выводы предыдущих этапов исследований по оптимальному распределению рабочего раствора с нормой расхода 7 л/га при скорости ветра до 3–4 м/с. Видно, что при превышении скорости ветра выше 3–4 м/с на территории, не защищенной лесопосадками, наблюдался снос мелкой фракции дисперсной фазы, распыляемой БЛА в 2022–2023 гг. более 4–5 м.

Проведенные исследования позволили разработать «Отраслевые технологические регламенты применения гербицидов с использованием БЛА для борьбы с многолетними сорными растениями (борщевик Сосновского, золотарник канадский)».

Литература

1. Шкляревская, О. А. Методические рекомендации по борьбе с инвазивными видами растений (борщевик Сосновского, золотарник канадский) / О. А. Шкляревская, Е. А. Якимович ; НАН Беларуси, Ин-т защиты растений. – Минск : Колорград, 2024. – 67 с.

2. Сорока С., Интеллектуальные системы для защиты растений / С. Сорока, А. Жуковский // Наука и инновации. – № 3 (217). – 2021. – С. 31–34.

3. Кудрявцев. Д. В. Применение сельскохозяйственного беспилотного летательного аппарата для обработки сельскохозяйственных культур / Кудрявцев Д. В., Магдин А. Г., Горбунов А. А. [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – № 2 (31). – 2021. – С. 37–44.

4. Защита растений. Термины и определения: ГОСТ 21507–2013. – Взамен ГОСТ 21507-81; введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 28 с.

5. Глоссарий: основные термины и определения в сельскохозяйственной гербологии и земледелии / Ф. И. Привалов, С. В. Сорока, Л. И. Сорока, А. В. Сташкевич ; ред. Ю. Я. Спиридонов ; Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт защиты растений. – Минск : Промкомплекс, 2020. – 67 с.

USE OF AGRODRONES FOR SUPPRESSING INVASIVE SPECIES OF PLANTS

E. A.Yakimovich, S. V. Soroka, L. I. Soroka, O. A. Shklyarevskaya. O. K. Lobach

The technological possibility of using herbicides with the unmanned aerial vehicles (UAVs) A60-X and XAG 2020 to fight with perennial weeds (Sosnowsky's hogweed and Canadian goldenrod) using the ultra-low volume (ULV) method is established, providing a high biological efficiency. It's noted that the wind speed during treating operations should not exceed 3–4 m/s.

УДК 631.1:[504.5:628.4.047](476)

ПРИГОДНОСТЬ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО РАДИОАКТИВНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ ^{137}CS И ^{90}SR ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПИЩЕВЫЕ ЦЕЛИ

Н.Н. Цыбулько, *доктор с.-х. наук*
Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета,
e-mail: nik.nik1966@tut.by
(Дата поступления статьи в редакцию 16.03.2026)

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. *На дерново-подзолистых почвах риски и ограничения производства зерна и картофеля на пищевые цели закономерно снижаются от песчаных до суглинистых почв, однако уровень почвенного плодородия оказывает существенное влияние на данные параметры. При оптимальной обеспеченности почвы подвижным калием и близкой к нейтральной реакции почвенной среды риск получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{137}Cs или ^{90}Sr уменьшается в два и более раз по сравнению с почвами с низкими показателями плодородия. На торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs, вероятность превышения содержания данного радионуклида в зерне основных зерновых культур и клубнях картофеля существенно выше по сравнению с минеральными дерново-подзолистыми почвами при одинаковой плотности их радиоактивного загрязнения. В то же время на торфяных почвах ниже риски получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{90}Sr.*

Введение. В Беларуси по состоянию на 01.01.2025 согласно данным агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель аграрное производство ведется на 804,4 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1–40 Ки/км^2, что составляет около 11 % общей их площади. В составе загрязненных ^{137}Cs пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км^2 приходится 83 %, с плотностью 5–15 Ки/км^2 16 % и с плотностью 15–40 Ки/км^2 1 %. Основные массивы их сосредоточены в Гомельской и Могилевской областях. По административным районам площади загрязненных земель колеблются в очень широких пределах – удельный вес их изменяется от менее 0,1 до 97 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района [1].

В настоящее время в сельскохозяйственном пользовании также находится около 270 тыс. га земель, загрязненных ^{90}Sr с плотностью 0,15–3,00 Ки/км^2, что составляет 3,5 % площади сельскохозяйственных земель республики. В составе загрязненных ^{90}Sr пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км^2 приходится 62,2 %, с плотностью 0,30–1,00 Ки/км^2 34,5 % и с плотностью 1,01–3,00 Ки/км^2 3,3 %. Сельскохозяйственные земли, загрязненные ^{90}Sr, имеются в 22 административных рай-

онах Беларуси. По районам площади их колеблются в очень широких пределах, удельный вес изменяется от менее 0,1 до 96,4 % общей площади сельскохозяйственного землепользования района [1].

Согласно действующему законодательству [2], ведение сельскохозяйственного производства разрешено при плотности загрязнения почв ^{137}Cs до 40 Ки/км^2 и ^{90}Sr до 3,0 Ки/км^2. Количественные параметры поступления радионуклидов в продукцию сельскохозяйственных культур зависят не только от плотности загрязнения почв, но также от типа, гранулометрического состава, агрохимических свойств почв и биологических особенностей культур [3].

В данной работе приведены результаты оценки ограничений и рисков (вероятности) возделывания сельскохозяйственных культур для получения продукции на пищевые цели на дерново-подзолистых и торфяных почвах в зависимости от степени загрязнения их радионуклидами.

Объекты и методы. Объектом исследований явились почвы пахотных земель, загрязненные ^{137}Cs и ^{90}Sr соответственно с плотностью от 1 до 40 Ки/км^2 и от 0,15 до 3,00 Ки/км^2, находящиеся в пользовании сельскохозяйственных организаций республики, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

Территория радиоактивного загрязнения характеризуется пестротой почвенного покрова, обусловленного типовыми различиями, степенью увлажнения, гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород. Основной качественный состав сельскохозяйственных земель представляют дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболачиваемые почвы, удельный вес которых составляет соответственно 33,4 и 35,6 % от общей их площади. На долю дерновых заболачиваемых почв приходится 10,3 %. Кроме этого, в составе обрабатываемых земель имеется 11,4 % торфяно-болотных, 5,6 % аллювиальных (пойменных) дерновых и 3,7 % деградированных торфяно-минеральных почв [4]. На территории радиоактивного загрязнения преобладают супесчаные почвы – 46,4 %. Песчаные почвы занимают 27,9 %, а глинистые и суглинистые – 12,5 %. По степени гидроморфизма в составе сельскохозяйственных земель автоморфные почвы занимают 33,1 %, полугидроморфные – 52,0, гидроморфные – 14,9 %.

Расчет загрязнения продукции растениеводства проводили по формуле [3]:

$$УА = 37 \times П \times Кп,$$

где, *УА* – удельная активность радионуклида в продукции растениеводства (зерно), Бк/кг;

П – плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км^2;

Кп – коэффициент перехода радионуклида из почвы в сельскохозяйственные культуры (Бк/кг : кБк/м^2);

37 – коэффициент пересчета в Бк.

Допустимую плотность загрязнения почвы (***ДП$_П$***) ^{137}Cs или ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственной культуры для получения продукции, отвечающей республиканским допустимым уровням (***РДУ***) и допустимым

уровням, принятым в рамках Таможенного союза (***ДУ ТС***), рассчитывали по формуле:

$$ДП_{П} = \frac{ДУ}{К_{П} * 37},$$

где, $ДП_{П}$ – допустимая плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км^2;

ДУ – республиканский допустимый уровень или допустимый уровень в рамках Таможенного союза содержания радионуклида в продукции растениеводства (зерно), Бк/кг, л;

$К_{П}$ – коэффициент перехода радионуклида из почвы в зерно, Бк/кг : кБк/м^2;

37 – коэффициент пересчета Ки/кг в Бк/кг.

Результаты исследований. В соответствии с Гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 29.11.2022 № 829) референтные уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в хлебе и хлебобулочных изделиях составляют соответственно 40 Бк/кг и 5 Бк/кг [5]. С целью гарантированного не превышения содержания радионуклидов в данном виде пищевых продуктов допустимый уровень содержания ^{137}Cs в зерне на продовольственные цели не должен превышать 90 Бк/кг, а допустимый уровень ^{90}Sr – 11 Бк/кг [6]. Референтные уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в картофеле на пищевые цели составляют соответственно 80 Бк/кг и 5 Бк/кг [5].

В результате выполненных прогнозов удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в товарной продукции растениеводства определены предельно допустимые плотности радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава и торфяных почв для возделывания сельскохозяйственных культур с целью получения продукции на пищевые цели.

Установлено, что возделывание озимой и яровой пшеницы, озимой ржи, озимой тритикале, ячменя, овса и картофеля на пищевые цели с содержанием ^{137}Cs в зерне 90 Бк/кг и клубнях 80 Бк/кг на дерново-подзолистых суглинистых почвах не ограничивается плотностью загрязнения. Возделывание гороха на пищевые цели при средней и повышенной обеспеченности суглинистых почв подвижным калием ($К_2О$) ограничивается плотностью загрязнения ^{137}Cs 6-7 Ки/км^2, проса – соответственно 20 и 32 Ки/км^2 (таблица 1).

На дерново-подзолистых супесчаных почвах нет ограничений по плотности загрязнения их ^{137}Cs при размещении и возделывании на пищевые цели озимой ржи, озимой пшеницы, озимого ячменя, картофеля. Ограничено возделывание озимой тритикале плотностью загрязнения 20 и 27 Ки/км^2 при низкой и средней обеспеченности почвы $К_2О$. Яровую пшеницу и яровой ячмень можно возделывать на почвах со средней обеспеченностью почвы $К_2О$ при плотности загрязнения ^{137}Cs до 27, а при повышенной обеспеченности $К_2О$ – до 32 Ки/км^2. Горох на пищевые цели на супесчаных почвах можно

размещать при плотности загрязнения их ^{137}Cs от 6 Ки/км^2 при низком содержании подвижного калия до 10 Ки/км^2 – при высоком содержании калия. Несколько менее «жесткие» ограничения существуют для гречихи и проса.

Таблица 1. Ограничения по плотности загрязнения дерново-подзолистых почв ^{137}Cs при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг почвы			
	81-140 (низкое)	141-200 (среднее)	201-300 (повышенное)	>300 (высокое)
Суглинистые почвы				
Рожь озимая	40	40	40	40
Тритикале озимое	40	40	40	40
Пшеница озимая	40	40	40	40
Пшеница яровая	40	40	40	40
Ячмень	40	40	40	40
Овес	40	40	40	40
Горох	5	6	7	15
Просо	15	20	32	40
Картофель	36	40	40	40
Супесчаные почвы				
Рожь озимая	40	40	40	40
Тритикале озимое	20	27	40	40
Пшеница озимая	40	40	40	40
Пшеница яровая	20	27	32	40
Ячмень яровой	20	27	32	40
Ячмень озимый	30	40	40	40
Овес	20	29	40	40
Горох	6	7	10	10
Гречиха	9	10	12	14
Просо	10	16	23	32
Картофель	30	40	40	40
Песчаные почвы				
Рожь озимая	20	27	32	40
Тритикале озимое	23	32	40	40
Пшеница яровая	16	20	27	40
Ячмень яровой	15	18	27	40
Овес	16	20	23	32
Горох	2	3	4	8
Гречиха	9	10	–	–
Просо	15	32	40	40
Картофель	36	40	40	40

На дерново-подзолистых песчаных почвах практически не лимитируется плотностью их загрязнения ^{137}Cs только возделывание картофеля. Из зерновых, зернобобовых и крупяных культур наиболее существенные ограничения имеются в отношении гороха на пищевые цели, который можно разме-

щать на почвах с повышенным и высоким содержанием K_2O при плотности их радиоактивного загрязнения соответственно не выше 4 Ки/км^2 и 8 Ки/км^2.

За длительный послеаварийный период произошла трансформация в почвах физико-химических форм ^{137}Cs и ^{90}Sr. Соединения ^{137}Cs подверглись необменной фиксации, и содержание их в доступной для растений форме составляет незначительную долю – 5–15 %. Соединения ^{90}Sr, наоборот, находятся преимущественно в доступных формах, составляющих в дерново-подзолистых почвах до 95 %, в торфяно-болотных почвах – до 50 % [7].

Вследствие высокой подвижности ^{90}Sr в минеральных почвах количественные параметры поступления его в растения значительно выше по сравнению с ^{137}Cs. Это существенно ограничивает размещение и возделывание сельскохозяйственных культур на загрязненных этим радионуклидом почвах пахотных и луговых земель.

На загрязненных ^{90}Sr дерново-подзолистых почвах независимо от их гранулометрического состава существенно ограничено возделывание зерновых культур и картофеля на пищевые цели. Так, допустимая плотность загрязнения ^{90}Sr суглинистых почв со слабокислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 5,6–6,0) для возделывания озимой ржи, яровой пшеницы, ячменя, овса и гороха на продовольственного зерна с содержанием радионуклида <11 Бк/кг не должна превышать 0,21–0,29 Ки/км^2, для озимой тритикале и озимой пшеницы – 0,39–0,40 Ки/км^2, для картофеля – 0,52 Ки/км^2. Ограничение для проса составляет 0,74 Ки/км^2. Допустимая плотность загрязнения ^{90}Sr супесчаных и песчаных почв под озимую тритикале колеблется в зависимости от реакции почвенной среды (pH_{KCl}) от 0,24 до 0,45 Ки/км^2, при возделывании ярового ячменя – от 0,16 до 0,27 Ки/км^2. Другие зерновые культуры занимают промежуточное положение. Просо можно размещать на супесчаных почвах со слабокислой и близкой к нейтральной pH_{KCl} при плотности загрязнения 0,68–0,90 Ки/км^2, картофель – 0,47–0,75 Ки/км^2 (таблица 2).

На загрязненных ^{90}Sr среднекислых суглинистых почвах не рекомендуется размещать озимую рожь, ячмень, горох, на супесчаных почвах – яровой ячмень, на песчаных почвах – яровой ячмень и гречиху. На легких по гранулометрическому составу супесчаных и песчаных почвах не зависимо от степени их кислотности не рекомендуется возделывать горох на пищевые цели.

Торфяные почвы (торфяно-болотные, торфяно-глеевые, торфянисто-глеевые) характеризуются по сравнению с минеральными (дерново-подзолистыми, дерновыми) почвами более высокими коэффициентами перехода ^{137}Cs в растения и, следовательно, в растениеводческую продукцию [6].

Риск производства зерна овса на пищевые цели с содержанием ^{137}Cs ≥90 Бк/кг на торфяных почвах существует даже при плотности их загрязнения 1,0–1,5 Ки/км^2. Допустимые плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs для возделывания ячменя и яровой пшеницы при низкой и средней обеспеченности K_2O составляют 2,7–4,1 Ки/км^2, при повышенной обеспеченности калием – 5,4 Ки/км^2. Яровое тритикале можно возделывать при среднем содержании подвижного калия в почве до 8 Ки/км^2, при повышенном содержании

Таблица 2. Ограничения по плотности загрязнения дерново-подзолистых почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Уровень кислотности почвы, pH_{KCl}			
	4,5-5,0 среднекислые	5,1-5,5 кислые	5,6-6,0 слабокислые	6,1-7,0 близкие к нейтральным и нейтральные
Суглинистые почвы				
Рожь озимая	0,17	0,20	0,27	0,33
Тритикале озимая	0,29	0,36	0,39	0,44
Пшеница озимая	–	0,27	0,40	0,44
Пшеница яровая	–	0,24	0,29	0,35
Ячмень	0,17	0,19	0,23	0,25
Овес	0,21	0,23	0,25	0,25
Горох	0,13	0,19	0,21	0,21
Просо	0,40	0,54	0,74	0,99
Картофель	0,22	0,31	0,52	0,84
Супесчаные почвы				
Рожь озимая	0,35	0,38	0,41	0,43
Тритикале озимая	0,27	0,29	0,33	0,40
Пшеница озимая	–	0,27	0,30	0,33
Пшеница яровая	0,20	0,23	0,27	0,29
Ячмень яровой	0,17	0,19	0,22	0,23
Ячмень озимый	–	–	0,25	0,32
Овес	0,25	0,27	0,30	0,30
Горох	–	0,05	0,06	0,07
Гречиха	0,22	0,32	–	–
Просо	0,36	0,49	0,68	0,90
Картофель	0,26	0,30	0,47	0,75
Песчаные почвы				
Рожь озимая	0,23	0,25	0,26	0,32
Тритикале озимая	0,24	0,32	0,39	0,45
Пшеница яровая	–	0,20	0,30	0,42
Ячмень яровой	0,16	0,20	0,25	0,27
Овес	0,20	0,21	0,22	0,23
Горох	0,07	0,10	0,11	0,12
Гречиха	0,16	0,25	–	–
Просо	1,29	1,65	2,12	2,12
Картофель	0,30	0,37	0,42	0,90

K_2O – до 16 Ки/км^2. Нормативно чистое по удельной активности ^{137}Cs (<90 Бк/кг) зерно озимой ржи и озимой тритикале можно получать на торфяных почвах с низкой обеспеченностью их подвижным калием при плотности радиоактивного загрязнения 8,5–9,0 Ки/км^2, при средней обеспеченности K_2O – до 13,5 Ки/км^2. Допустимые плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs для размещения картофеля на продовольственные цели колеблются от 12,0

Ки/км^2 при очень низком содержании K_2O в пахотном слое до 36,0 Ки/км^2 при повышенном содержании K_2O (таблица 3).

Таблица 3. Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг почвы			
	<200 (очень низкое)	201-400 (низкое)	401-600 (среднее)	601-1000 (повышенное)
Овес	0,6	0,8	0,9	1,1
Ячмень	2,3	2,7	3,2	5,4
Пшеница яровая	2,3	3,2	4,1	5,4
Рожь озимая	4,3	8,5	13,5	23,2
Тритикале озимая	–	9,0	13,5	16,2
Тритикале яровое	3,2	5,4	8,1	16,2
Картофель	12,0	15,4	21,5	36,0

Существуют меньшие радиологические ограничения для возделывания зерновых культур и картофеля на пищевые цели на загрязненных ^{90}Sr торфяных почвах по сравнению с минеральными почвами. Так, яровую пшеницу для производства зерна продовольственного возможно возделывать на этих почвах со слабокислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 5,01–5,50) при плотности загрязнения ^{90}Sr до 0,74 Ки/км^2, на почвах с близкой к нейтральной pH_{KCl} – до 0,99 Ки/км^2. Предельно допустимые плотности загрязнения торфяных почв для размещения посевов озимой ржи составляют соответственно 0,34 и 0,55 Ки/км^2, посевов озимого тритикале – 1,65 и 2,12 Ки/км^2, посевов яровой тритикале – 0,59 и 1,49 Ки/км^2, посевов ячменя – 1,03 и 1,10 Ки/км^2. Возделывать картофель допускается при плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr не выше 0,45 Ки/км^2 при кислой реакции среды и до 0,67 Ки/км^2 при близкой к нейтральной реакции (таблица 4).

Таблица 4. Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Уровень кислотности почвы, pH_{KCl}		
	4,51-5,00 кислые	5,01-5,50 слабокислые	5,51-6,00 близкие к нейтральным
Овес	0,12	0,14	0,16
Пшеница яровая	0,59	0,74	0,99
Рожь озимая	0,31	0,34	0,55
Тритикале озимая	1,29	1,65	2,12
Тритикале яровое	0,37	0,59	1,49
Яровой ячмень	0,96	1,03	1,10
Картофель	0,45	0,51	0,67

На основе данных плотности радиоактивного загрязнения и площадей сельскохозяйственных земель, а также предельно допустимых плотностей загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr при производстве растениеводческой продукции на пищевые цели определена доля площадей земель, на которых существует риск (вероятность) превышения нормативов по содержанию радионуклидов.

Для оценки возможного риска загрязнения продукции при расчетах допустимых плотностей загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr принимались коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в растениеводческую продукцию при средних значениях содержания подвижного калия в почвах и слабокислой реакции почвенной среды (pH_{KI}). По удельному весу (в %) площадей земель, на которых возможно превышение содержания радионуклидов в производимой продукции, принята градация, включающая 5 степеней риска (вероятности) (таблица 5).

Таблица 5. Градации по степени риска и вероятности превышения нормативов в продукции растениеводства на пищевые цели

Степень риска	*Риск превышения нормативов в продукции, %*
Риск отсутствует	0
Низкая	0,1-10,0
Средняя	10,1-25,0
Высокая	25,1-50,0
Очень высокая	> 50,0

Проблемными по радиологическому фактору определялись сельскохозяйственные культуры, возделывание которых по районам имеет высокую и очень высокую степень риска производства продукции с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr.

Установлено, что фактически нет ограничений по административным районам для возделывания озимых и яровых зерновых культур на пищевые цели в связи с возможным загрязнением зерна ^{137}Cs. Средняя степень риска возделывания этой группы культур существует в сельскохозяйственных организациях Лунинецкого района Брестской области, Брагинского, Ветковского, Добрушского, Ельского, Лельчицкого, Наровлянского, Хойникского и Чечерского районов Гомельской области, а также в сельскохозяйственных организациях Быховского района Могилевской области (рисунки 1 и 2). Это районы, в которых имеются пахотные земли с высокой (20–40 Ки/км^2) плотностью загрязнения почв ^{137}Cs, а также земли на загрязненных торфяных почвах.

Высокая и очень высокая степень риска по загрязнению ^{137}Cs существует при возделывании проса и гречихи в сельскохозяйственных организациях 10 районов – Брагинском, Ветковском, Ельском, Кормянском, Наровлянском, Хойникском и Чечерском районах Гомельской области, Костюковичском, Славгородском и Чериковском районах Могилевской области (рисунок 3). Высокая и очень высокая вероятность получения гороха на пищевые цели с

превышением допустимого содержания ^{137}Cs отмечается в 23 районах республики (рисунок 4).



Рисунок 1. Риски возделывания озимых зерновых культур (пшеница, рожь, тритикале) по районам при производстве зерна на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs

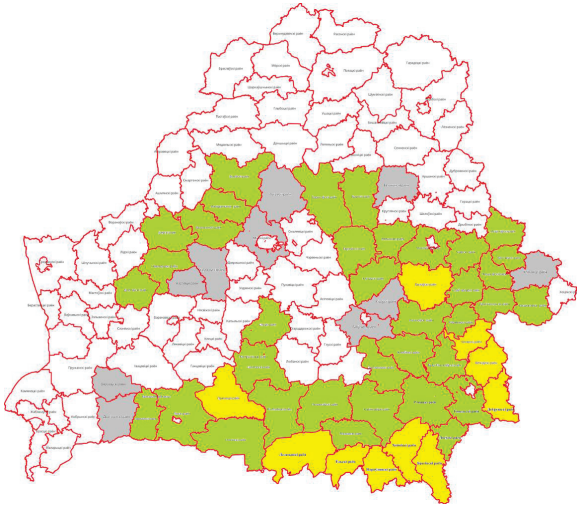


Рисунок 2. Риски возделывания яровых зерновых культур (пшеница, ячмень, овес) по районам при производстве зерна на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs

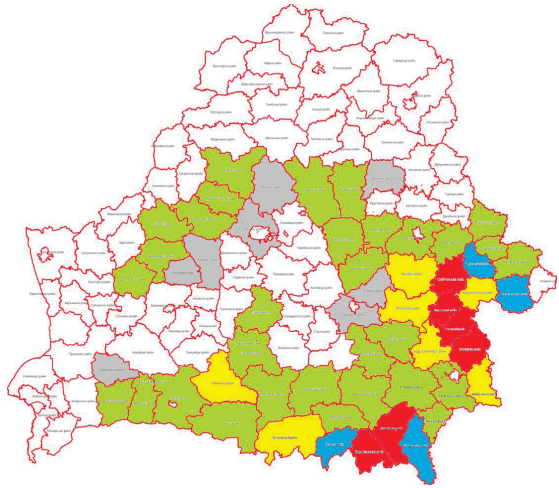


Рисунок 3. Риски возделывания проса и гречихи по районам при производстве зерна на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs

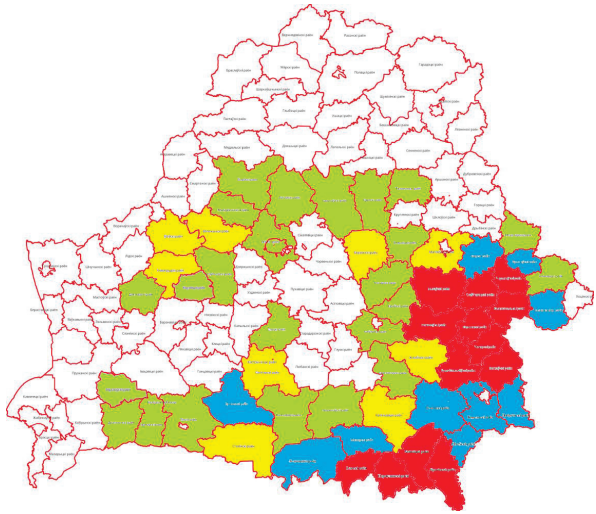


Рисунок 4. Риски возделывания гороха по районам при производстве зерна на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs

Фактически отсутствуют возможные риски по загрязнению ^{137}Cs и проблемы по размещению и возделыванию картофеля продовольственного (рисунок 5).

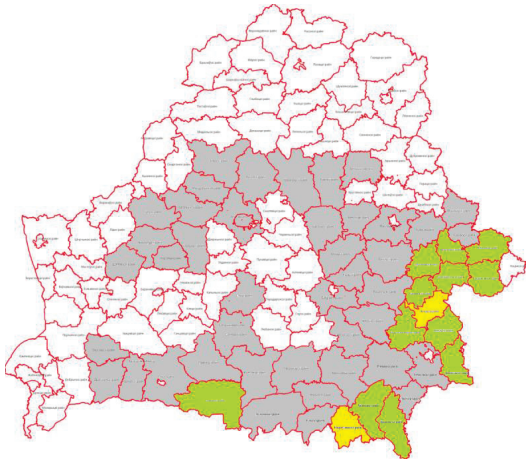


Рисунок 5. Риски возделывания картофеля по районам при производстве на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs

В отношении ^{90}Sr несколько иная ситуация. В 11 районах Гомельской области, в которых имеются сельскохозяйственные земли, загрязненные этим радионуклидом с плотностью 0,30–3,00 Ки/км^2, существуют высокая и очень высокая степень риска и соответственно проблемы по размещению озимых и яровых зерновых культур, гороха, проса и гречихи на пищевые цели. Это Брагинский, Ветковский, Гомельский, Добрушский, Ельский, Калинковичский, Лоевский, Наровлянский, Речицкий, Хойникский и Чечерский районы (рисунок 6).

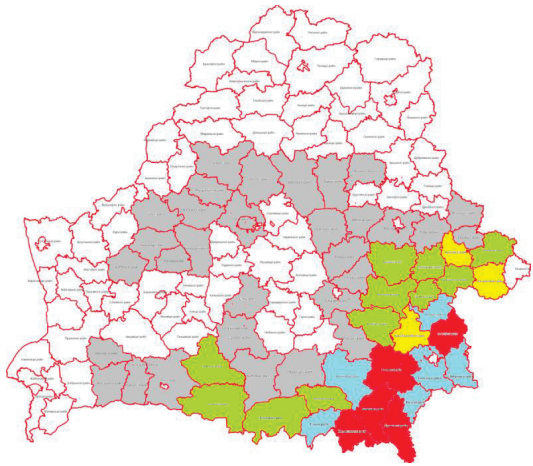


Рисунок 6. Риски возделывания озимых и яровых зерновых культур, гороха, проса и гречихи по районам при производстве на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{90}Sr

Очень высокая и высокая степень риска производства с превышением допустимого (референтного) уровня (5 Бк/кг) по содержанию ^{90}Sr при возделывании картофеля существует в сельскохозяйственных организациях Брагинского и Хойникского районов (рисунок 7).

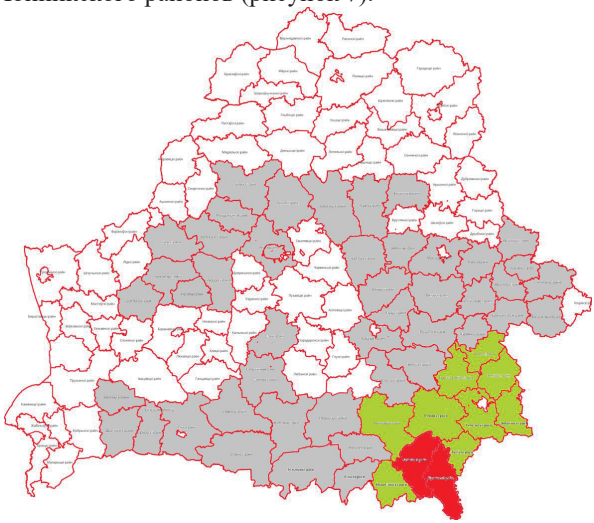


Рисунок 7. Риски возделывания картофеля по районам при производстве на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{90}Sr

Заключение

В ряду гранулометрического состава дерново-подзолистых почв риски и ограничения производства зерна и картофеля на пищевые цели закономерно снижаются от песчаных до суглинистых почв. Однако уровень почвенного плодородия оказывает существенное влияние на данные параметры. При оптимальных параметрах плодородия легких по гранулометрическому составу почв риски получения растениеводческой продукции с превышением допустимых уровней меньше, чем на суглинистых почвах с низкими уровнями содержания подвижного калия и реакцией почвенной среды.

На торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs, вероятности превышения содержания данного радионуклида в зерне основных зерновых культур и клубнях картофеля существенно выше по сравнению с минеральными дерново-подзолистыми почвами при одинаковой плотности их радиоактивного загрязнения и уровню плодородия. В то же время на торфяных почвах меньшие риски получения этой продукции со сверхнормативным содержанием ^{90}Sr по сравнению с минеральными почвами.

При оптимальной обеспеченности почвы подвижным калием и близкой к нейтральной реакции почвенной среды риск получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{137}Cs или ^{90}Sr уменьшается в два и более раз по сравнению с почвами с низкими показателями плодородия.

Литература

1. Опыт и результаты деятельности Республики Беларусь по радиационной защите населения и реабилитации территорий радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Департамент по ядерной и радиационной безопасности; под общ. ред. проф. Н. Н. Цыбулько. – Минск: ИВЦ Минфина, 2025. – 212 с.

2. О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС: Закон Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. № 385-З (в ред. Законов Республики Беларусь от 11 ноября 2019 г. № 252-З; от 5 января 2022 г. № 148-З; от 30 декабря 2022 г. № 228-З).

3. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси»; сост. И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2003. – 72.

4. Цыбулько, Н. Н. Почвенно-агрохимические основы адаптивного использования загрязненных радионуклидами земель / Н. Н. Цыбулько. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 290 с.

5. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29 ноября 2022 г. № 829 «Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37» // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 07.12.2022, 5/51037.

6. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021-2025 годы/ Н. Н. Цыбулько [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.

7. Цыбулько, Н. Н. Содержание форм ^{137}Cs и ^{90}Sr в дерново-подзолистых почвах Беларуси в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н. Н. Цыбулько, Ю. В. Путятин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2024. – Том 64. – №4. – С. 87-94.

SUITABILITY OF ARABLE LANDS ON RADIOACTIVE POLLUTION ^{137}CS AND ^{90}SR FOR CULTIVATION OF CROPS FOR FOOD

N. N. Tsybulko

On sod-podzolic soils the risks and limitations of grain and potato production for food consistently decrease from sandy to loamy soils. However, soil fertility has a significant impact on these parameters. With optimal content of mobile potassium in soil and a near-neutral soil pH, the risk of getting crops with excessive ^{137}Cs or ^{90}Sr levels is reduced by two times or more compared to soils with low fertility. On peat soils contaminated with ^{137}Cs, the probability of exceeding the radionuclide content in grain of major cereal crops and potato tubers is significantly higher than on mineral sod-podzolic soils with the same radioactive contamination density. At the same time, the risk of getting products with excess ^{90}Sr content is lower on peat soils.

УДК 633.112.9«324»:631.559:631.53.048(476.1)

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ БЕЛАРУСИ

***В.Н. Буштевич**, кандидат с.-х. наук, **С.И. Гриб**, доктор с.-х. наук,*
Е.И. Позняк**, кандидат с.-х. наук, **М.М. Лаптенок
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 12.03.2026)

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

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по изучению влияния нормы высева семян на урожайность зерна новых сортов тритикале озимой. Установлено, что на среднеокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в среднем за три года все изучаемые сорта сформировали наиболее высокую урожайность зерна при норме высева в диапазоне 4,0–5,0 млн/га всхожих семян. В годы с оптимальным увлажнением максимальная урожайность зерна получена при более низких нормах высева – 3,0–3,5 млн/га всхожих семян.*

Тритикале озимая (*x Triticosecale Wittmack*) имеет значительный удельный вес в зерновом клине Беларуси и обеспечивает ежегодно около 20 % валового сбора зерна. В последнее время посевные площади тритикале в республике уменьшаются, поэтому для увеличения производства зерна этой культуры необходимо внедрять современные высокопродуктивные сорта, так как их вклад в повышение урожайности может достигать 30–50 % [1]. Потенциальная урожайность тритикале достигает 100 ц/га и более, однако она может быть реализована только при полном соблюдении технологии его возделывания [2].

Основными элементами структуры урожая зерновых культур являются количество продуктивных стеблей на единице площади, число зерен в колосе и масса 1000 зерен. Известно, что урожайность зерна на 50 % зависит от плотности продуктивного стеблестоя и на 50 % – от числа зерен в колосе и массы 1000 зерен [3, 4].

Важным агротехническим приемом в технологии возделывания озимых зерновых культур является норма высева. Она оказывает существенное влияние на формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя. В зависимости от сорта, назначения посевов, срока сева, уровня минерального питания, влажности почвы и предшественника норма высева может варьировать от 290 до 530 шт/м^2 [5].

Для формирования в определенных условиях высокой урожайности зерна тритикале озимой следует обеспечить оптимальное количество растений и продуктивных стеблей на единице площади, что достигается необхо-

димой нормой высева. Как при изреженных, так и при чрезмерно густых посевах урожайность тритикале снижается.

На основании анализа литературных данных выявлено, что нет единого мнения об оптимальной норме высева тритикале озимой [6–8]. Поэтому для конкретных почвенно-климатических условий произрастания актуальной проблемой является установление таких норм высева семян, которые способствуют формированию максимальной урожайности культуры с учетом ее сортовых особенностей.

Методика и условия проведения исследований. Исследования по изучению влияния нормы высева семян на урожайность сортов тритикале озимой Ковчег, Гродно, Славко, Медео и контроля Динамо, районированных в 2019–2023 гг., проводили в 2022–2025 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхло-супесчаной почве с содержанием гумуса 2,02–2,53 %, фосфора – 153–257 мг/кг, калия – 242–289 мг/кг почвы и pH_{KCl} 5,86–6,20. Посев тритикале озимой проводили в оптимальные сроки. Фосфорно-калийные удобрения в дозе $P_{80}K_{120}$ вносили осенью под основную обработку почвы, азотные (карбамид) – весной в 2 приема: N_{60} при возобновлении вегетации и N_{30} в начале выхода в трубку (стадия 31 по Цадоксу). Микроэлементы Cu и Mn (50 г/га) применяли в виде некорневых подкормок в стадии 31 совместно с регуляторами роста и фунгицидом на основе тебуконазола и биксафена. В стадии 37 для защиты листового аппарата от болезней использовали фунгицид на основе протиоконазола и тебуконазола. Экспериментальные данные обрабатывали методами дисперсионного и статистического анализа [9] при помощи пакета анализа, входящего в состав Microsoft Excel.

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались как по температурному режиму, так и по количеству и периодичности выпадавших осадков. В целом за период вегетации тритикале в 2023 г. гидротермический коэффициент (ГТК) составил 0,85, в 2024 г. – 1,67, а в 2025 – 2,50 при норме для региона, где проводили исследования, 1,56.

Необходимо отметить, что период весенне-летней вегетации 2023 г. тритикале озимой был наиболее экстремальным из-за засухи в мае – середине июня. Высокая температура воздуха в 1 и 2 декадах июля 2024 г. (период налива зерна) привела к формированию более низкой массы 1000 зерен, чем в условиях 2023 г. Отличительной особенностью 2025 г. были ночные заморозки (-1,0–2,5 С) в первой декаде мая, а также чрезмерное количество осадков в июне и 3-й декаде июля и высокая температура воздуха в период налива зерна.

Результаты исследований и обсуждение. На основании проведенных исследований установлено, что урожайность зерна всех изучаемых сортов тритикале озимой существенно варьировала в зависимости от условий тепло- и влагообеспеченности в период вегетации растений.

Необходимо отметить, что устойчивость посевов к поражению снежной плесенью в 2024 г. и 2025 г. находилась на уровне 8–9 баллов, а в 2023 г. составила 7–9 баллов. Перезимовка сортов во все годы исследований находилась на высоком уровне и равнялась 8–9 баллам.

Наиболее неблагоприятным для роста и развития растений тритикале озимой оказались условия 2023 г., когда засуха в мае – июне вызвала снижение урожайности зерна из-за уменьшения количества продуктивных стеблей у всех изучаемых сортов. В наибольшей степени это проявилось в вариантах с низкими нормами высева 2,0–3,5 млн/га всхожих семян. Из-за отсутствия плотного стеблестоя и наличия открытых участков почвы на физическое испарение использовалось больше влаги и меньше ее оставалось на транспирацию [10].

Установлено, что урожайность зерна тритикале озимой в условиях 2023 г. при норме высева 2,0 млн/га всхожих семян была крайне низкой и составила у сортов Ковчег, Гродно, Медео, Динамо и Славко 9,0; 12,1; 13,2; 16,4 и 18,7 ц/га соответственно. В сложившихся погодных условиях повышение нормы высева с 2,0 до 3,5 млн/га всхожих семян способствовало увеличению урожайности у указанных выше сортов до 35,2; 26,4; 39,4; 35,8 и 26,4 ц/га соответственно (таблица). При дальнейшем увеличении нормы высева до 4,0–5,0 млн/га всхожих семян из-за более густого стеблестоя и наиболее оптимального микроклимата в посевах воздействие засухи было менее заметно, и урожайность зерна была значительно выше. Так, у сортов Медео, Динамо, Славко при увеличении нормы высева с 4,0 до 4,5 и с 4,5 до 5,0 млн/га всхожих семян урожайность зерна достоверно повышалась, и прибавка составила 10,3 и 9,7; 14,1 и 5,1; 17,0 и 5,3 ц/га соответственно. Сорт Гродно также положительно реагировал на увеличение нормы высева, однако достоверная прибавка урожайности зерна была только при повышении нормы высева с 4,0 до 4,5 млн/га всхожих семян – 14,3 ц/га. У сорта Ковчег в этом случае урожайность зерна осталась на одном уровне (48,1 ц/га), а при дальнейшем увеличении нормы высева ее величина была достоверно выше на 15,8 ц/га. В 2023 г. не было отмечено существенной разницы в урожайности зерна у сорта Гродно при нормах высева в диапазоне 4,5–5,0 млн/га всхожих семян. У сортов Славко, Ковчег, Медео, Динамо величина данного показателя была наибольшей при норме высева 5,0 млн/га всхожих семян и достоверно превышала остальные варианты.

Наиболее благоприятными для роста и развития тритикале озимой при проведении исследований были условия 2025 г. Урожайность зерна у сортов Динамо, Гродно, Ковчег и Славко была максимальной при норме высева 3 млн/га всхожих семян и составляла 100,1; 100,7; 101,3 и 105,1 ц/га соответственно. Исключением являлся сорт Медео, у которого величина данного показателя была наибольшей (85,9 ц/га) при норме высева 5,0 млн/га всхожих семян и достоверно превышала все остальные варианты. У изучаемых сортов не отмечалось определенной закономерности по изменению урожайности зерна в зависимости от нормы высева. Так, у сортов Динамо и Гродно не было отмечено достоверного снижения урожайности зерна по сравнению с максимальной величиной данного показателя при нормах высева 2,5 и 4,0 млн/га всхожих семян соответственно, у сорта Славко при нормах высева 3,5–4,0, а у сорта Ковчег 2,0–2,5 и 3,5–4,0 млн/га всхожих семян. Различия в этих вариантах находились в пределах ошибки опыта.

Таблица. Урожайность зерна сортов тритикале озимой в зависимости от нормы высева, ц/га

Сорт	Норма высева, млн/га всхожих семян	Урожайность, ц/га			
		2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее
Динамо	2,0	16,4	67,1	95,7	59,7
	2,5	24,7	65,9	98,7	63,1
	3,0	21,0	72,0	100,1	64,4
	3,5	35,8	76,1	92,6	68,2
	4,0	50,4	68,7	95,4	71,5
	4,5	64,5	64,9	89,2	72,9
	5,0	69,6	68,7	86,5	74,9
Ковчег	2,0	9,0	71,1	100,8	60,3
	2,5	17,3	58,9	99,7	58,6
	3,0	18,9	61,2	101,3	60,5
	3,5	35,2	80,8	101,1	72,4
	4,0	48,1	77,7	100,4	75,4
	4,5	48,1	76,8	96,2	73,7
	5,0	63,9	73,2	91,3	76,1
Гродно	2,0	12,1	78,2	96,7	62,3
	2,5	21,9	71,7	97,4	63,7
	3,0	24,5	69,3	100,7	64,8
	3,5	26,4	83,4	94,3	68,0
	4,0	46,0	78,5	97,7	74,1
	4,5	60,3	78,6	93,4	77,4
	5,0	62,7	68,0	89,4	73,4
Славко	2,0	18,7	81,1	90,2	63,3
	2,5	27,8	69,7	101,8	66,4
	3,0	23,0	74,8	105,1	67,6
	3,5	26,4	87,8	102,8	72,3
	4,0	40,6	85,7	103,7	76,7
	4,5	57,6	82,9	98,4	79,6
	5,0	62,9	85,6	93,6	80,7
Медео	2,0	13,2	80,4	76,6	56,7
	2,5	19,9	70,8	74,4	55,0
	3,0	20,4	74,8	74,2	56,5
	3,5	39,4	84,5	75,5	66,5
	4,0	47,8	80,9	77,9	68,9
	4,5	58,1	87,1	74,4	73,2
	5,0	67,8	68,2	85,9	74,0
НСР		9,0	6,5	7,1	
НСР сорт		3,4	2,4	2,7	
НСР норма высева		4,0	2,9	3,2	

В условиях 2024 г. урожайность зерна у сортов Динамо, Ковчег, Гродно, Славко была максимальной при норме высева 3,5 млн/га всхожих семян и составляла – 76,1; 80,8; 83,4 и 87,8 ц/га соответственно. Исключением и в этом случае являлся сорт Медео, у которого величина данного показателя была наибольшей (87,1 ц/га) при норме высева 4,5 млн/га всхожих семян. Не

отличалась достоверно урожайность зерна у сорта Славко при нормах высева 3,5; 4,0; 5,0, Медео – 3,5 и 4,5 млн/га всхожих семян.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в зависимости от норм высева и под влиянием погодных условий в период вегетации, урожайность зерна у сортов Динамо, Ковчег, Гродно, Славко, Медео изменялась на 0,4-79,3; 9,3-91,8; 5,3-84,6; 8,0-82,1 и 0,4-67,2 ц/га соответственно и в большей степени варьировала при норме высева 2,0-3,5 млн/га всхожих семян (таблица). В среднем за три года исследований все сорта сформировали наиболее высокую урожайность зерна при посеве 4,0-5,0 млн/га всхожих семян (рисунок 1).

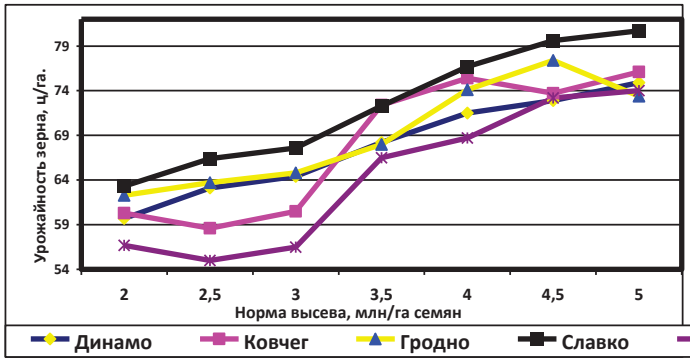


Рисунок 1. Влияние нормы высева семян сортов тритикале озимой на урожайность зерна (среднее за 2023-2025 гг.)

Анализ результатов исследований в годы с ГТК, близким к среднемноголетним и высоким значениям, показывает иную закономерность (рисунок 2).

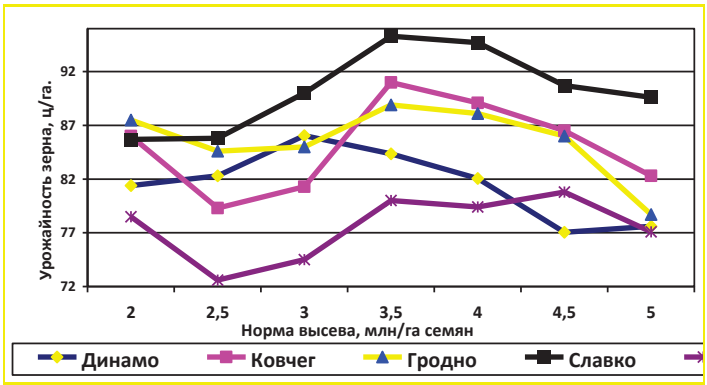


Рисунок 2. Влияние нормы высева семян сортов тритикале озимой на урожайность зерна (среднее за 2024-2025 гг.)

В среднем за 2024–2025 гг. у сортов Гродно, Ковчег и Славко наибольшая урожайность зерна (88,9; 91,0 и 95,3 ц/га) была сформирована при посеве 3,5 млн/га всхожих семян. Сорта Динамо и Медео обеспечили максимальную урожайность зерна (86,1 и 80,8 ц/га) при норме высева 3,0 и 4,5 млн/га всхожих семян. Необходимо отметить, что у сорта Динамо значительное снижение урожайности зерна, по сравнению с максимальной величиной данного показателя было отмечено при нормах высева 4,5 и 5,0 млн/га всхожих семян. У сорта Ковчег эта зависимость отмечалась при посеве – 2,5; 3,0 и 5,0, Славко – 2,0 и 2,5, Гродно – 5,0, Медео – 2,5 млн/га всхожих семян (рисунок 2).

Заключение

В почвенно-климатических условиях Центральной зоны Беларуси изучаемые сорта тритикале озимой сформировали в среднем за 2023–2025 гг. самую высокую урожайность зерна при нормах высева в диапазоне 4,0–5,0 млн/га всхожих семян. Выявлены сортовые особенности реакции тритикале на изменение норм высева. В годы с ГТК, близким к среднемноголетним и высоким значениям, сорта Славко, Ковчег и Гродно обеспечили наибольшую урожайность зерна при норме высева 3,5, сорт Динамо – 3,0, Медео – 4,5 млн/га всхожих семян.

Литература

1. Борисовец, Т. Экономическое содержание и факторы интенсификации зернового производства / Т. Борисовец // Агроэкономика. – 2000. – №3. – С. 30-32.

2. Гриб, С.И. Приоритеты стратегии и направления селекции полевых культур в Беларуси / С.И. Гриб // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси : матер. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня основания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Жодино, 5-6 июля 2017 г. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – С. 214-215.

3. Косарева, К.А. Формирование высоких продуктивных посевов зерновых колосовых культур / К.А. Косарева / Всесоюзн. научно-исследов. ин-т эконом. информ. – М., 1986. – 55.

4. Динамика формирования продуктивного стеблестоя озимой пшеницы / Н.И. Гойса [и др.]. // Труды УкрНИГМИ. – 1979. – Вып. 173. – С.83-95.

5. Привалов, Ф.И. Технология выращивания озимых культур в осенний период / Ф.И. Привалов, К.Г. Шашко, В.В. Холодинский // [Электронный ресурс]. https://mshp.gov.by/information/materials/zem/agriculture/fed542f8df585be6.html. – Дата доступа : 05.02.2022.

6. Султанов, Ф.С. Оптимальная норма высева озимой тритикале в условиях лесостепной зоны Прибайкалья / Ф.С. Султанов, О.Б. Габдрахимов // Вестник ИрГСХА. – 2015. – № 70. – С. 32-37.

7. Горянина, Т.А. Особенности формирования урожайности зерна тритикале в Среднем Поволжье // Т.А. Горянина, О.И. Горянин / Аграрный научный журнал. – 2022. – № 3. – С. 15-18.

8. Шевченко, В.А. Биологическая урожайность озимой тритикале в условиях Верхневолжья и ее структура // В.А. Шевченко, П.Н. Просвиряк // Плодородие. – №3. – 2009. – С. 39-41.

9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов испытаний) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10. Булычев, Л.В. Об оптимальных условиях высева и повышения урожайности яровой пшеницы на Юго-Востоке / Л.В. Булычев. – М.: Вестник сельскохозяйственной науки. –1970. – №1. – С. 33-36.

WINTER TRITICALE YIELD DEPENDING ON SOWING RATES OF SEEDS UNDER THE CONDITIONS OF THE CENTRAL ZONE OF BELARUS

V. N. Bushtevich, S. I. Grib, E. I. Poznyak, M. M. Laptionak

The paper presents the results of the research on the influence of sowing rates on grain yield of new winter triticale varieties. It was established that, on average over three years, on medium-cultivated sod-podzolic light loamy soil all the studied varieties achieved the highest grain yield at the seeding rates of 4.0–5.0 million viable seeds per hectare. In the years with optimal moisture the maximum grain yield was obtained at lower sowing rates of 3.0–3.5 million viable seeds per hectare.

УДК 633.13«324»:631.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО

И. Г. Бруй, *доктор с.-х. наук,* ***В. В. Холодинский,*** *кандидат с.-х. наук,*
Е. И. Лужинская*, соискатель,* ***Ж. Е. Сенько, Н. В. Соболевская,***
научные сотрудники
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Дата поступления статьи в редакцию 17.07.2026)

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

Аннотация*. В статье представлены результаты эффективности технологий возделывания ячменя озимого сорта Буслик. Показано, что на фоне минерального питания $N_{160}P_{60}K_{90}$ эффективной защитой от сорняков, болезней и применения регуляторов роста озимый ячмень формирует урожайность зерна в среднем на уровне 34,8–77,2 ц/га в зависимости от вида и способа применения средств защиты растений.*

Введение. Технология возделывания озимого ячменя, как и других зерновых культур, включает несколько ключевых этапов: выбор предшественника, основную и предпосевную обработку почвы, внесение минеральных удобрений, предпосевную подготовку (обеззараживание) семян, посев, уход за посевами (борьба с сорняками, внесение регуляторов роста и фунгицидов), уборку урожая. Успех возделывания озимого ячменя зависит от соблюдения всех этапов технологии в оптимальные сроки с учетом почвенно-климатических условий и фитосанитарного состояния посевов [1–4].

Цель проводимых исследований заключалась в оценке эффективности технологии возделывания культуры в целом с использованием различных средств защиты на озимом ячмене сорта Буслик.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на опытном участке РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на среднеокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком песчанистом суглинке, подстилаемом с глубины 30–50 см рыхлым песком, с содержанием гумуса в пахотном горизонте 1,9–2,1 %, фосфора и калия – 210–276 и 266–294 мг/кг почвы соответственно. Площадь делянки – 60 м^2, норма высева – 4,0 млн всхожих зерен на 1 га. В связи со схемой чередования культур опыты закладывали ежегодно на новом поле севооборота. Развитие растений учитывалось по десятичному коду роста и развития растений хлебных злаков (*BBCH*). Учет развития сорняков и болезней проводили по общепринятым методикам. Структура урожайности определялась по методике снопового анализа после ручной уборки всех растений на закрепленных площадках. Уборку посевов ячменя в опытах проводили методом прямого комбайнирования, учет урожайности – поделяночно с последующим пересчетом ее на 100 % чистоту и стандартную влажность (14 %).

Погодные условия весенней вегетации различались по годам исследований. В первой – третьей декадах апреля 2022 г. среднесуточная температура воздуха была ниже нормы соответственно на 1,4–2,9 ºС, а количество атмосферных осадков превышало ее на 30,7–178,3 %. Прохладным и избыточно увлажненным был также май. В июне среднесуточная температура воздуха превышала норму по декадам на 1,6; 0,7 и 3,8 ºС. При этом, если в первой и во второй декадах количество атмосферных осадков было ниже среднемноголетнего уровня соответственно на 64,5 и 51,1 %, то в третьей декаде этот показатель превышал норму на 39,9 %. Июль характеризовался температурами, близкими к норме, при значительном большем от нормы количестве осадков. Вегетационный период ячменя озимого в 2023 г. проходил в условиях превышающих норму температур и значительном недостатке осадков. 2024 г. характеризовался благоприятными условиями для формирования урожайности зерна как по температурному, так и водному режимам (таблица 1).

Сумма активных температур за апрель – июль была выше нормы в 2022 г. на 3,5 %, в 2023 г – на 6,4 %, в 2024 г. – на 10,8 % (таблица 1). Гидротермический коэффициент (ГТК) за апрель – июль составил в 2022 г. 1,29, в 2023 г. – 0,94, в 2024 г. – 1,16 при среднемноголетнем значении данного показателя в регионе, где проводили исследования, 1,55.

Анализ представленных выше показателей свидетельствует о том, что на протяжении периода исследований весенний вегетационный период ячменя озимого характеризовался повышенной среднесуточной температурой воздуха и недостаточным выпадением осадков. Наименее благоприятными метеорологические условия для роста и развития растений отмечались в 2023 г.

Таблица 1. Метеорологические условия в период проведения исследований (метеостанция г. Борисов)

Месяц	Декада	Среднесуточная температура воздуха, ºС				Количество атмосферных осадков, мм			
		норма	2022 г.	2023 г.	2024 г.	норма	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Апрель	I	5,0	2,8	5,6	11,4	15,3	20	16,8	29
	II	7,1	5,7	10,0	8,3	14,7	36	1,2	21
	III	10,2	7,3	10,6	9,0	11,5	32	7,7	44
Май	I	11,7	9,8	8,0	11,1	19,5	2,5	0	7
	II	13,2	11,3	15,4	13,7	19,6	26	3	5,5
	III	14,7	12,2	16,3	19,8	23,8	62	0	4,5
Июнь	I	16,4	18,0	15,5	17,2	16,9	6	6,4	16,4
	II	17,0	17,7	19,7	17,4	36,8	18	4,7	75
	III	17,4	21,2	19,6	21,1	24,3	34	28	10
Июль	I	18,1	20,2	18,9	20,0	30,5	11	16,2	26
	II	18,8	15,4	19,2	22,7	28,4	64	20	32,5
	III	19,5	18,7	18,0	19,9	35,1	22	59	49,5

Результаты исследований. Технология возделывания ячменя в 2022 г. предполагала использование различных протравителей для предпосевной обработки семян, однократное и двукратное применение фунгицидов. В первых двух технологиях предусмотрено внесение регулятора роста Мессидор, КС для повышения устойчивости к полеганию и выравнивания в росте главных и боковых побегов (таблица 2).

Таблица 2. Технологии возделывания ячменя озимого сорта Буслик в 2022 г.

Технология	Технологические приемы						
	удобрения	подкормки	протравитель, норма расхода, л/т	гербицид, норма расхода, л/га	регулятор роста, норма расхода, л/га	фунгицид, норма расхода, фаза развития растений	фунгицид, норма расхода, фаза развития растений
1	$N_{16}P_{60}K_{90}$	$N_{45+60+40}$	Иншур Перформ, КС (0,5) + Систива, КС (0,75)	Марафон плюс, КС (2,5)	Мессидор, КС (0,5), ВВСН 31-32	–	Абакус Прайм, СЭ (0,8) ВВСН 45-51
2			Кинто Плюс, КС (1,5)			Рекс Плюс, СЭ,1,0 ВВСН 31-33	Абакус Прайм, СЭ (0,8) ВВСН 45-51
3			Баритон Супер, КС (1,0)	Комплит форте, КС (0,6) + Балерина, СЭ (0,6)	–	Пропульс, СЭ (0,6) ВВСН 35-37	Силтра Хрго, КЭ (0,8) ВВСН 59-61

Наблюдения показали, что все три вида предпосевной подготовки семян обеспечили одинаково высокий уровень перезимовки ячменя – 92–95 %.

Дальнейшие учеты выявили более длительный период фунгицидной защиты в первом варианте. Погодные условия (температура воздуха апрель – май ниже нормы при достаточном количестве осадков) в фазу ВВСН 31-32 способствовали развитию мучнистой росы на листовом аппарате культуры. Если в вариантах технологии 2 и 3 уровень развития болезней составлял 12,3–18,5 %, то в первом варианте не превышал пороговое значение – 4,4 %. Во втором и третьем вариантах была проведена фунгицидная обработка для контроля мучнистой росы. В первом варианте мучнистая роса развивалась менее интенсивно, что позволило сместить фунгицидную обработку на фазу колошения культуры и получить урожайность на уровне 62,4 ц/га. В варианте 2, где растения были дважды защищены от болезней по вегетации, урожайность была выше на 2,2 ц/га и составила 64,6 ц/га (таблица 3). В третьем варианте, несмотря на высокий уровень перезимовки и двукратное применение высокоэффективных фунгицидов, была получена урожайность ниже (52,3 ц/га) за счет значительно меньшей плотности продуктивного стеблестоя в сравнении с первыми двумя технологиями, где применяли регулятор роста.

Таблица 3. Показатели эффективности технологии возделывания ячменя озимого (2022 г)

Технология	Показатель						
	Перезимовка, %	Биологическая эффективность гербицида, %	Снижение развития листовых болезней, %	Урожайность, ц/га	Плотность продуктивного стеблестоя, шт/м^2	Число зерен в главном колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
1	95	89,5	79,4	62,4	532	44,3	35,4
2	95	92,0	86,5	64,6	620	36,5	37,8
3	92	84,6	80,3	52,3	442	37,3	45,4

Обработка посевов регулятором роста Мессидор, КС в начале фазы «выход в трубку» позволила сохранить на 16,5–20,4 % большее число колосоносных побегов.

В 2023 г. недостаток почвенной и воздушной влаги не позволил развиться мучнистой росе, однако в конце фазы «выход в трубку» отмечена темно-бурая пятнистость листьев. В первых двух вариантах технологии проведена однократная фунгицидная обработку по колосу, а в третьем – двукратная (ВВСН 35-37 + ВВСН 59-61) (таблица 4).

Обработка фунгицидом Пропульс, СЭ значительно снизила развитие и распространение пятнистостей листьев и в результате в этом варианте технологии сохранилась наибольшая урожайность зерна – 49,7 ц/га (таблица 5). Кроме того, более поздняя вторая обработка фунгицидом в третьем варианте позволила сформировать массу 1000 зерен на 5,1–5,4 г выше в сравнении с двумя другими вариантами технологии возделывания.

Таблица 4. Технологии возделывания ячменя озимого сорта Буслик в 2023 г.

Технология	Технологические приемы						
	удобрения	подкормки	протравитель, норма расхода, л/т	гербицид, норма расхода, л/га	регулятор роста, норма расхода, л/га	фунгицид, норма расхода л/га	фунгицид, норма расхода, л/га, фаза развития растений
1	$N_{16}P_{60}K_{90}$	$N_{45+60+40}$	Иншур Перформ, КС (0,5) + Систива, КС (0,75)	Марафон плюс, КС (2,5)	Мессидор, КС (0,5) ВВСН 31-32	–	Абакус Прайм, СЭ (0,8) ВВСН 45-51
2			Кинто Плюс, КС (1,5)			–	Даксур, КС, (0,4) ВВСН 45-51
3			Баритон Супер, КС, (1,0)	Комплит форте, КС (0,5)		Пропульс, СЭ (0,6) ВВСН 35-37	СилтраХpro, КЭ (0,8) ВВСН 59-61

Таблица 5. Показатели эффективности технологии возделывания ячменя озимого (2023 г.)

Технология	Показатель						
	Перезимовка, %	Биологическая эффективность гербицида, %	Снижение развития листовых болезней, %	Урожайность, ц/га	Плотность продуктивного стеблестоя, шт/м^2	Число зерен в главном колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
1	97,0	79,6	68,4	38,9	514	33,8	34,6
2	93,0	80,3	62,5	34,8	462	28,1	34,3
3	95,0	82,6	87,6	49,7	468	37,6	39,7

Необходимо отметить, что в первом варианте технологии возделывания ячменя озимого, где семена протравливали смесью Иншур Перформ, КС + Систива, КС, было сформировано и сохранено наибольшее число продуктивных стеблей –514 шт/м^2, большее число зерен в главном колосе – 33,8 шт. и урожайность 38,9 ц/га в сравнении с вариантом, где семена обрабатывали протравителем Кинто Плюс, КС.

В благоприятном для формирования урожайности ячменя 2024 г. интенсивно развивались листовые болезни, в том числе и фузариоз колоса. В этих вариантах опыта была предусмотрена двукратная фунгицидная обработка в разные фазы развития растений (таблица 6).

В первых двух вариантах технологии получена урожайность от 65,6 и 77,2 ц/га зерна. В этих же вариантах сформировано зерно с наибольшей массой 1000 зерен – 45,4 и 46,1 г (таблица 7).

Таблица 6. Технологии возделывания ячменя озимого сорта Буслик в 2024 г.

Технология	Технологические приемы						
	удобрения	подкормки	протравитель, норма расхода, л/т	гербицид, норма расхода, л/га	регулятор роста, норма расхода, л/га	фунгицид, норма расхода, фаза развития растений	фунгицид, норма расхода, фаза развития растений
1	$N_{16}P_{60}K_{90}$	$N_{45+60+40}$	Иншур Перформ, КС (0,5) + Систива, КС (0,75)	Марафон плюс, КС (2,5)	Мессидор, КС (0,5) ВВСН 31-32	Рекс Плюс, СЭ (1,0) ВВСН 30-32	Балая, КЭ (0,6) ВВСН 49-51
2			Кинто Плюс, КС (1,5)			Абакус комби, (0,6) ВВСН 30-32	Осирис Про, КЭ (0,6) ВВСН 49-51
3			Кинто Плюс, КС (1,5)			–	Балая, КЭ (0,6) ВВСН 49-51
4			Баритон Супер, КС (1,0)	Комплит форте, КС (0,5)		Пропульс, СЭ, (0,6) ВВСН 35-37	СилтраХрго, КЭ,0,8 ВВСН 59-61

Таблица 7. Показатели эффективности технологии возделывания ячменя озимого (2023 г.)

Технология	Показатель					
	перезимовка, %	снижение развития листовых болезней, %	урожайность, ц/га	плотность продуктивного стеблестоя, шт/м^2	число зерен в главном колосе, шт.	масса 1000 зерен, г
1	97,0	94,5	65,6	566	27,1	46,1
2	93,0	90,6	77,2	698	27,0	45,4
3	95,0	76,4	57,1	618	26,5	40,8
4	86,4	92,7	67,4	670	28,0	40,1

В четвертом варианте, где вторую обработку фунгицидом проводили уже в период налива зерна, урожайность составила 67,4 ц/га. В варианте однократной защиты посевов в фазу колошения снижение развития болезней было наименьшим (76,4 %), что и объясняет наименьшую массу 1000 зерен 40,8 и наименьшую урожайность зерна 57,1 ц/га.

В среднем за годы исследований технологии возделывания ячменя озимого, предусматривающие двукратное применение фунгицидов по вегетации, позволили получить урожайность зерна 62,8 ц/га, что выше на 14,6 ц/га в сравнении с вариантом однократного применения фунгицидов при прочих равных условиях возделывания.

Выводы

1. Технология защиты растений от болезней и применение регуляторов роста определяют уровень урожайности культуры при прочих равных условиях возделывания культуры.

2. Технологии возделывания ячменя озимого, предусматривающие двукратное применение фунгицидов по вегетации на фоне минерального питания $N_{160}P_{60}K_{90}$, защиты от сорняков и применения регуляторов роста позволяют получить урожайность зерна в среднем 62,8 ц/га, что выше на 14,6 ц/га в сравнении с вариантом однократного применения фунгицидов при прочих равных условиях возделывания.

Литература

1. Бельтюков, Л. П. Сорт, технологии. Урожай озимого ячменя / Л. П. Бельтюков. – Ростов – н/Д : Книга, 2002. – 174 с.

2. Булавина, Т. М. Влияние сроков сева, норм высева семян, азотных удобрений и пестицидов на урожайность зерна озимого ячменя в условиях Беларуси / Т. М. Булавина [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / РУП « Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», редкол.: Ф.И.Привалов [гл.ред] [и др.]. – Несвиж. Нежсвижская укрупненная типогр. им. С. Будного, 2011. – Вып. 47. – С. 49–58.

3. Зубкович, А. А. / Озимый ячмень: основные элементы агротехники / А. А. Зубкович, Л. А. Булавин, Т. М. Булавина [и др.] // Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт радиологии. – Земледелие и защита растений. Приложение к журналу №4. – 2018. – С. 24.

4. Яцкевич, И. И. Весенне-летние элементы технологии возделывания озимого ячменя / И. И. Яцкевич // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 8 – С. 22–25.

EFFICIENCY OF DIFFERENT PLANT PROTECTION SYSTEMS IN WINTER BARLEY CULTIVATION TECHNOLOGY

I. G. Brui, V. V. Kholodinsky, E. I. Luzhinskaya, Zh. E. Senko, N. V. Sobolevskaya

The paper presents the results of the efficiency of cultivation technologies for the winter barley variety Buslik. It is shown that with $N_{160}P_{60}K_{90}$ mineral nutrition, efficient protection from weeds and diseases and the use of growth regulators winter barley achieves the average grain yield of 34.8–77.2 c/ha, depending on the type and method of application of plant protection products.

УДК 633.15:581.13:631.584.4:631.527.5

АССИМИЛЯЦИОННАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ПРИ ПОУКОСНОМ ВЫРАЩИВАНИИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

С. В. Кравцов, Г. Н. Кот, *кандидаты с.-х. наук,*
К. В. Земоглядчук, *кандидат биол. наук*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 10.03.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты двухлетних полевых исследований (2024–2025 гг.), проведенных при поукосном посеве кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве в центральной части Беларуси. Установлено, что генетические особенности гибрида и срок сева кукурузы являются значимыми регуляторами формирования ассимиляционной поверхно-*

сти листьев. Наибольшую их площадь на одном растении (44,1 дм^2 против 33,3–37,2 дм^2) за счет большего количества листьев (11,6 шт. и 10,7–11,2 шт.), их длины (66,6 см и 61,0–63,1 см) и ширины (7,5 см и 6,6–7,3 см) формировал гибрид ФАО 250 в сравнении с более скороспелыми ФАО 170–210. Более поздние сроки сева способствовали увеличению длины листьев у гибридов кукурузы с 60,0 см при севе 16–24 апреля по зяблевой вспашке до 66,2 см при поукосном возделывании после уборки озимой ржи на корм в конце мая, что соответственно повышало и общую площадь ассимиляционной поверхности растения с 35,8 до 39,8 дм^2.

Введение. Фотосинтез является основным фактором получения высокого урожая всех сельскохозяйственных культур, поскольку более 90 % органического вещества растений создается именно в процессе фотосинтетических реакций [1–4].

Основным органом, поглощающим энергию света, выступает лист, а совокупная площадь и функциональная активность листовой поверхности посева служат интегральным показателем продуктивности посева. В связи с этим обеспечение оптимального развития и максимально длительной сохранности ассимиляционного аппарата представляет собой первостепенную агротехническую задачу для достижения высоких урожаев [5–8]. Недостаточно быстрый рост площади листьев и ограниченные ее размеры являются частой причиной снижения урожайности кукурузы [9, 10].

В Кубанском ГАУ трехлетними исследованиями установлено, что на ассимиляционную поверхность листьев наиболее существенное влияние оказывает срок сева. Перенос его с раннего на средний и поздний приводил к снижению изучаемого показателя с 38,0 до 35,1 и 30,9 тыс. м^2/га [11].

Методика и условия проведения исследований. Полевые опыты проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2024–2025 гг. Почва – дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м, с содержанием в пахотном слое 2,40–2,55 % гумуса, 240–297 мг/кг P_2O_5 и 323–377 мг/кг почвы K_2O.

Схема опыта включала 4 варианта: 1) сев кукурузы по зяблевой вспашке (16 и 24 апреля), 2) после уборки озимой ржи в фазу выхода в трубку (8 и 7 мая), 3) после уборки озимой ржи в фазу начала колошения (17 мая и 3 июня), 4) после уборки озимой ржи в фазу полного колошения (23 мая и 3 июня). Посев кукурузы в один день в 2025 г. после двух последних сроков уборки ржи связан с интенсивным выпадением осадков, количество которых в третьей декаде мая превышало норму в 4 раза, что препятствовало проведению обработки почвы и посева.

Осенью были внесены минеральные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия ($P_{60}K_{120}$). Обработка почвы включала лущение стерни после уборки ячменя, вспашку и предпосевную культивацию. Посев озимой ржи проводился 20.09.2024 и 2.10.2025, на посевах которой весной вносился карбамид (N_{60}). Под кукурузу до всходов применяли 90 кг/га д.в. азота. Высевали 3 гибрида разной спелости: ФАО 170, 210 и 250 че-

рез 2 дня после уборки озимой промежуточной культуры. По всходам кукурузы вносили баковую смесь гербицидов Сулкотрек, 2,0 л/га и Дублон, 1 л/га. Площадь опытных делянок – 25,2 м^2, повторность – четырехкратная.

Температурный режим первой половины периода вегетации 2024 г., в отличие от 2025 г., был благоприятным для быстрого роста и хорошего развития растений кукурузы. В 2025 г. поздние сроки сева положительно сказались только на росте растений кукурузы, а в развитии они сильно отставали от оптимальных сроков сева.

Сумма эффективных температур (выше 10 ºС) с мая по сентябрь 2025 г. составила 905 ºС, а в 2024 г. – 1288 ºС при норме 896 ºС. С мая по сентябрь в 2025 г. по данным метеостанции Борисов выпало 456 мм осадков, в 2024 г. – 281 мм при норме 370 мм.

Измерение листовой поверхности проводилось после цветения початков в фазу начала формирования зерна путем замера на 20 растениях всех зеленых листовых пластинок. Затем путем перемножения наибольшей ширины листа на его длину и на коэффициент 0,75 определялась суммарная площадь.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ длины листьев кукурузы показал (рисунок 1), что в среднем по вариантам опыта в 2024 г. она составляла 59,9 см, в 2025 г. – 67,2 см. Срок сева на этот показатель оказывал сильное влияние. Коэффициент корреляции между сроком сева (от первого к четвертому) и длиной листьев у изучаемых в 2024 г. и 2025 г. гибридов составил 0,91–0,98 (таблица). Следовательно, более поздние сроки сева способствовали увеличению длины листовой пластинки. В среднем за два года исследований наибольшей длиной листьев характеризовался гибрид ФАО 250 (66,6 см), у гибридов ФАО 210 и ФАО 170 данный показатель был ниже и составил 61,0 см и 63,1 см соответственно.

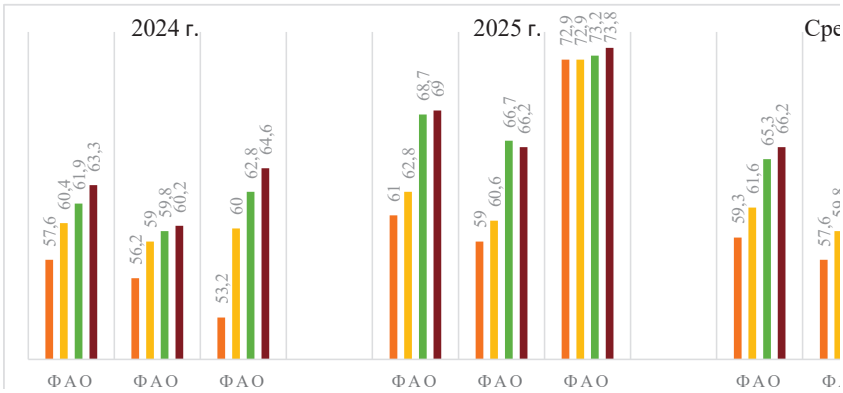


Рисунок 1. Длина листьев у гибридов кукурузы в зависимости от срока сева по зяблевой вспашке и после уборки озимой ржи в различные ее фазы развития, см

Таблица. Варьирование признаков и корреляционные связи со сроками сева кукурузы

Показатель	Гибрид ФАО 170			Гибрид ФАО 210			Гибрид ФАО 250		
	2024 г.	2025 г.	Среднее	2024 г.	2025 г.	Среднее	2024 г.	2025 г.	Среднее
Коэффициент корреляции очередности срока сева с показателем									
1*	0,98	0,95	0,98	0,92	0,92	0,95	0,95	0,91	0,97
2	0,77	-0,53	-0,07	-0,37	-0,08	-0,48	0,97	-0,93	0,32
3	-0,26	0,93	0,96	-0,09	-0,92	-0,36	-0,30	0,50	0,44
4	0,93	1,00	0,99	0,46	0,89	0,79	0,90	-0,47	0,99
Варьирование показателя в зависимости от срока сева, %									
1	4,0	6,2	5,1	3,1	6,2	4,5	8,3	0,6	4,0
2	1,6	2,4	1,5	3,0	4,5	1,3	5,1	4,0	1,1
3	0,4	3,3	1,3	4,0	1,1	1,7	2,6	3,5	1,5
4	5,4	7,7	6,4	3,3	4,9	3,8	13,0	3,2	4,0

Примечание: * 1 – Длина листьев, 2 – Ширина листьев, 3 – Количество листьев, 4 – Площадь листьев 1 растения

Варьирование длины листьев под влиянием срока сева у гибридов в среднем за 2 года исследований колебалось в пределах 4,0–5,1 %. Различия по годам были значительно большими, особенно у гибрида ФАО 250, где варьирование составило 8,3 % в 2024 г. и 0,6 % в 2025 г.

В 2024 г. средняя ширина листьев у гибридов кукурузы возрастала с 6,2 до 7,0 и 7,1 см в соответствии с числом ФАО (рисунок 2). В менее теплом 2025 г. значения ширины листьев у всех гибридов были выше: 7,0; 7,6 и 7,9 см соответственно. Влияние срока сева на ширину листьев не имело закономерных связей и в среднем за 2 года коэффициент корреляции у гибридов колебался от -0,48 до +0,32. В четырех из шести сроков сева отмечалось снижение ширины листьев при более поздних сроках. В отличие от длины листьев их ширина среднем за 2 года соответственно возрастала с увеличением числа ФАО с 170 до 250 единиц и колебалась в пределах 6,6–7,5 см.

Варьирование ширины листьев под влиянием срока сева было незначительным и в среднем за 2 года исследований у гибридов находилось в пределах 1,1–1,5 % с различиями по годам от 1,6 до 5,1 %.

Количество фотосинтетически активных листьев на одном растении кукурузы определялось как генетическими особенностями гибрида, так и сроком сева, а также погодными условиями вегетационного периода. В среднем за 2 года у гибрида ФАО 170 их было 10,7 шт., ФАО 210 – 11,2 шт. и ФАО 250 – 11,6 шт. (рисунок 3).

Такая закономерность увеличения числа листьев на 1 растении от раннего к более позднему гибриду обусловлена погодными условиями 2025 г. В 2024 г. у гибрида ФАО 250 по отношению к двум другим превышение составило лишь 0,1 единицы. Количество листьев, как и их ширина, незначительно варьировало под влиянием срока сева (v = 1,3–1,7 %). При этом закономерных связей между этими показателями не отмечалось.

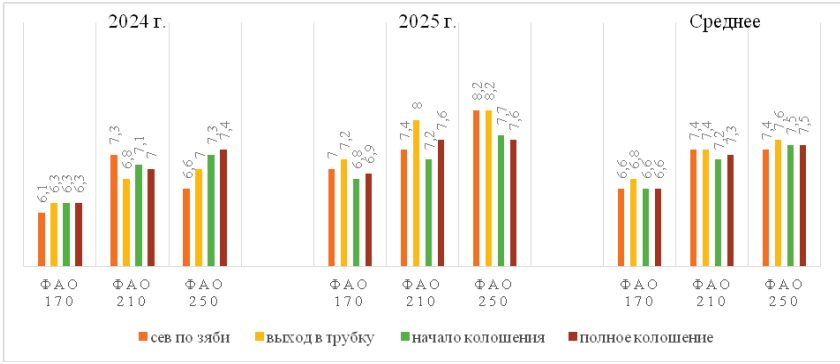


Рисунок 2. Ширина листьев у гибридов кукурузы в зависимости от срока сева по зяблевой вспашке и после уборки озимой ржи в различные фазы ее развития, см

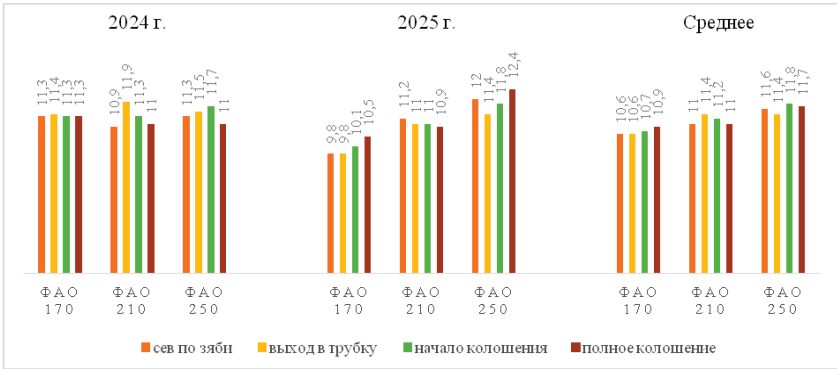


Рисунок 3. Количество листьев у гибридов кукурузы в зависимости от срока сева по зяблевой вспашке после уборки озимой ржи в различные фазы ее развития, шт.

Площадь листовой поверхности одного растения кукурузы возрастала от раннего гибрида к более позднему (рисунок 4). В среднем за два года у гибрида ФАО 170 она составила 33,3 дм², у гибрида ФАО 210 – 37,2 дм² и у гибрида ФАО 250 – 44,1 дм². Этот показатель тесно коррелирует с очередностью срока сева (r = 0,79…0,99). Однако в 2025 г. у гибрида ФАО 250 связь была средней обратной (r = -0,47), в 2024 г. у гибрида ФАО 210 – средней прямой (r = 0,46). Варьирование площади листьев на 1 растении под действием срока сева в среднем за 2 года составляло 3,8–6,4 % и колебалось от 3,2 до 13,0 %, причем в обоих случаях у гибрида ФАО 250.

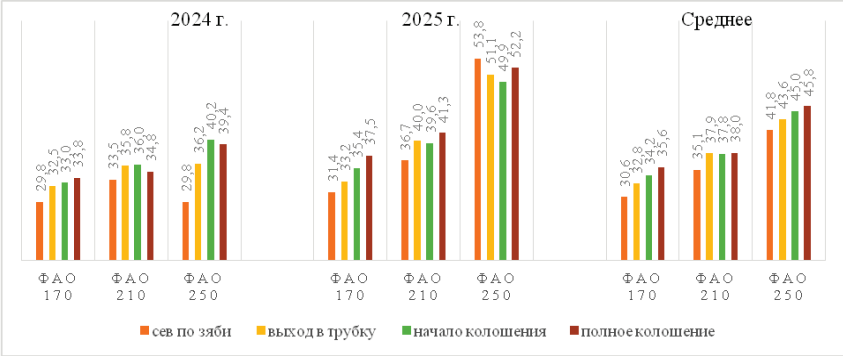


Рисунок 4. Площадь листьев на 1 растении у гибридов кукурузы в зависимости от срока сева по зяблевой вспашке и после уборки озимой ржи в различные фазы ее развития, дм^2

Корреляционный анализ двухлетних данных свидетельствует о прямой связи площади листьев на одном растении кукурузы с их длиной (r = 0,70), шириной (r = 0,80) и количеством (r = 0,94). Между длиной и шириной листьев на 1 растении связь слабая (r = 0,17), между длиной и их количеством – средняя (r = 0,50), а шириной и количеством – сильная (r = 0,82).

Выводы

1. Генетические особенности гибрида и срок сева являются значимыми регуляторами формирования ассимиляционной поверхности посевов кукурузы.

2. Наибольшую листовую поверхность на одном растении (44,1 дм^2 против 33,3–37,2 дм^2) формирует более поздний гибрид ФАО 250 по сравнению со скороспелыми с числом ФАО 170–210, что обеспечивается за счет большего количества листьев (11,6 шт. и 10,7–11,2 шт.), их длины (66,6 см и 61,0–63,1 см) и ширины (7,5 см и 6,6–7,3 см).

3. Более поздние сроки сева при поукосном возделывании кукурузы способствуют увеличению длины листьев у гибридов с 60,0 до 66,2 см, что соответственно сказывается на общей площади ассимиляционной поверхности растения (35,8–39,8 дм^2).

Литература

1. Бухаров, А. Ф. Продуктивность фотосинтеза и урожайность семенников капусты белокочанной / А. Ф. Бухаров, А. В. Петрищев, В. В. Пронькин // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2011. – № 11(16). – С. 27–31.

2. Семина, С. А. Фотосинтетическая деятельность кукурузы в зависимости от условий минерального питания / С. А. Семина, И. В. Гаврюшина // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 138–144.

3. Фомин, В. Н. Влияние фона питания и схем листовых подкормок на фотосинтетическую деятельность посевов и продуктивность кукурузы при возделывании на силос /

В. Н. Фомин, И. Р. Гайнутдинов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – Т. 10, № 4. – С. 41–46.

4. Прахова, Т. Я. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность рыжика посевного / Т. Я. Прахова // Нива Поволжья. – 2013. – № 3(28). – С. 55–59.

5. Соромотина, Т. В. Фотосинтетические показатели, урожайность и товарные качества продукции детерминантного томата в зависимости от способа применения биологических препаратов / Т. В. Соромотина // Пермский аграрный вестник. – 2018. – №4(24). – С. 94–98.

6. Дериглазова, Г. М. Влияние основных приемов и способов возделывания ярового ячменя на площадь ассимиляционной поверхности и индекс листовой поверхности посевов в почвенно-климатических условиях Курской области / Г. М. Дериглазова // Мелиорация и гидротехника. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 332–348.

7. Ионова, Л. П. Адаптация гибрида и сорта кукурузы при разных сроках посева в засушливой зоне Астраханской области / Л. П. Ионова, Н. Д. Смашевский // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4(162). – С. 38–46.

8. Сидельникова, Н. А. Влияние различных условий выращивания на формирование ассимиляционной поверхности кукурузы / Н. А. Сидельникова, В. В. Смирнова // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12-2. – С. 310–314.

9. Езаов, А. К. Изучение влияния сроков посева на фотосинтетическую деятельность сахарной кукурузы / А. К. Езаов, З. С. Шибзухов // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства : матер. I Межд. научн.-практ. конф., Макеевка, 26 апреля 2018 года.– Макеевка: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская аграрная академия», 2018. – Том II. – С. 50–54.

10. Ханиева, И.М. Урожайность гибридов кукурузы в Кабардино-Балкарии в зависимости от сортовых особенностей и сроков посева / И.М. Ханиева, Ю.М. Шогенов, З.С. Шибзухов // Технологии, инструменты и механизмы инновационного развития : матер. Между. научн.-практ. конф. – НИЦ «Поволжская научная корпорация», 2017. – С. 162–164.

11. Влияние гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций на формирование сырой массы и сухого вещества и фотосинтетическую продуктивность гибридов кукурузы в условиях Краснодарского края / А. А. Макаренко, В. П. Василько, В. Н. Гладков, В. С. Баландин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2025. – № 43(206). – С. 31–53.

ASSIMILATION SURFACE OF MAIZE LEAVES WITH POST HARVEST SOWING

S. V. Kravtsov, G. N. Kot, K. V. Zemoglyadchuk

The paper presents the results of the two-year field studies (2024–2025) conducted under the conditions of post harvest maize sowing on sod-podzolic sandy loam soil in the central part of Belarus. It was established that the genetic characteristics of the hybrid and the dates of maize sowing were significant regulators of the formation of leaves assimilation surface. The FAO 250 hybrid formed the largest leaf area per plant (44.1 dm^2 versus 33.3–37.2 dm^2) due to a greater number of leaves (11.6 pcs. and 10.7–11.2 pcs.), their length (66.6 cm and 61.0–63.1 cm) and width (7.5 cm and 6.6–7.3 cm) in comparison with the early ripening FAO 170–210. Later sowing dates contributed to the increase of the leaf length of maize hybrids from 60.0 cm when sown on April 16-24 after autumn plowing to 66.2 cm when sown at the end of May after winter rye harvesting for feed, which accordingly increased the total area of the assimilation surface of the plant from 35.8 to 39.8 dm^2.

УДК 631.559:633.321:631[5+584]

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОКРОВНОЙ КУЛЬТУРЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

А. Ч. Скируха, *кандидат с.-х. наук,* ***Л. А. Булавин,*** *доктор с.-х. наук,*
Д. Н. Володькин, *кандидат с.-х. наук,* ***Л. В. Володькина,*** *кандидат с.-х. наук,*
М. А. Белановская, В. Д. Кранцевич

(Дата поступления статьи в редакцию 10.02.2026)

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

Аннотация. *На дерново-подзолистой супесчаной почве проведение химической прополки покровной культуры повышает урожайность клевера лугового на 20,8–30,9 % в зависимости от уровня засоренности. Нарушение оптимальных сроков вспашки при возделывании покровной культуры снижает этот показатель на 16,8 %. При замене вспашки чизелеванием урожайность последующего клевера лугового находилась примерно на одном уровне, а дискованием и прямым посевом снижалась соответственно на 2,8 и 10,3 %. При повышении нормы высева семян покровной культуры с 3,5 до 5,0 млн/га, а доз азота с N_{60} до $N_{90\text{-}120}$ урожайность клевера лугового снижалась соответственно на 5,4–10,7 %. Уборка покровной культуры в поздние сроки уменьшала данный показатель на 8,3 %.*

Введение. Важной проблемой в агропромышленном комплексе Беларуси является производство в требуемом объеме растительного белка. Его дефицит в кормах приводит к их перерасходу, снижению надоев и привесов животных. При этом существенно увеличиваются затраты на закупку высокобелковых концентратов. В Беларуси из-за дефицита растительного белка ежегодно вынуждены закупать за рубежом в качестве высокобелкового концентрата шрот на сумму около 500 млн долларов. В этой связи одним из направлений в решении данной проблемы является увеличение производства в республике растительного белка за счет возделывания многолетних бобовых трав. Важная роль среди них принадлежит клеверу, являющемуся одной из наиболее богатых белком кормовых культур [1,2].

При возделывании многолетних бобовых трав в почву с их растительными остатками поступает значительное количество органического вещества. Это оказывает существенное влияние на почвенное плодородие, одним из важнейших показателей которого является содержание гумуса. В почвенно-климатических условиях Беларуси в 9-польном севообороте, в котором имелось 2 поля клевера одногодичного пользования (22 % пашни), содержание гумуса оставалось на исходном уровне и без внесения органических удобрений. Установлено, что ежегодная минерализация гумуса под зерновыми культурами и льном составляет в условиях Беларуси 0,7–0,9, а под картофелем – 1,3–1,7 т/га. Следовательно, двукратное возделывание за ротацию се-

вооборота клевера 1 г.п. полностью компенсировало потери гумуса, имеющие место под другими культурами. Необходимо отметить, что накопление гумуса в почве за счет возделывания клевера значительно выгоднее, чем в результате использования органических удобрений, применение которых связано со значительными затратами. Так, энергозатраты на формирование 1 т гумуса за счет пожнивных и корневых остатков клевера составляют 0,36, а за счет подстилочного навоза 4,50 ГДж, т.е. в 12 раз больше [3].

Многолетние бобовые травы, накапливают в почве биологический азот. Это позволяет уменьшить потребность последующей культуры в синтетических азотных удобрениях на 25–30 % без снижения продуктивности пашни. Возделывание многолетних бобовых трав позволяет расширить набор благоприятных предшественников для преобладающих на пашне республики зерновых культур, что окажет положительное влияние на их фитосанитарное состояние и в определенной степени снизит потребность применения пестицидов [2, 4]. Это имеет важное ресурсосберегающее и природоохранное значение.

Роль многолетних бобовых трав в производстве высококачественных кормов и ресурсосбережения в земледелии зависит от уровня их продуктивности. В этой связи актуальным вопросом является изучение влияния на урожайность многолетних бобовых трав, в том числе клевера лугового, технологии возделывания покровной культуры.

Методика проведения исследований. Изучение урожайности зеленой массы клевера лугового от элементов технологии возделывания покровной культуры проводили в Смолевичском районе Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, которая различалась по степени окультуренности (гумус – 1,96–2,67 %, P_2O_5 – 141–320 мг/кг, K_2O – 150–360 мг/кг почвы, pH – 5,9–6,8). Клевер луговой подсевали под яровой ячмень и озимую тритикале. Технология возделывания клевера лугового при проведении исследований осуществлялась в соответствии с отраслевым регламентом.

Результаты исследований и их обсуждение. Важным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур является обработка почвы, значимость которой в формировании урожайности зависит от срока проведения. На дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны оптимальные сроки вспашки заканчиваются при снижении среднесуточной температуры воздуха ниже +10 ºС [5]. В Северной зоне Беларуси по среднемноголетним данным это происходит в начале 3-ей декады сентября, а в Центральной и Южной – в начале 1-ой декады октября [6]. Нарушение оптимальных сроков основной обработки почвы способствует увеличению засоренности посевов и распространенности корневых гнилей, спорыньи, а также таких видов вредителей как проволочник, тля, листоед и т.д. [7, 8]. При этом существенно снижается интенсивность микробиологических процессов в почве по минерализации растительных остатков для питания растений. Все это приводит к снижению урожайности возделываемых культур [9].

Установлено, что на высокоокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве урожайность зеленой массы клевера лугового, который воз-

делывали после проведения под покровную культуру (ячмень) вспашки в оптимальный срок, составила 403,5 ц/га. В варианте, где под ячмень проводили вспашку в поздние сроки, урожайность зеленой массы клевера была равна 335,8 ц/га, т.е. уменьшилась на 67,7 ц/га или 16,8 % (таблица 1).

Таблица 1. Влияние сроков основной обработки почвы под покровную культуру на урожайность зеленой массы клевера лугового [10]

Вариант	Урожайность, ц/га	+/- к контролю	
		ц/га	%
Вспашка в оптимальный срок (контроль)	403,5	–	–
Поздняя вспашка	335,8	-67,7	-16,8

На состояние посевов и урожайность клевера лугового определенное влияние оказывает уровень интенсивности основной обработки почвы под покровную культуру. Установлено, что на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве способы ее обработки под ячмень с подсевом клевера различались по влиянию на полевую всхожесть семян этой бобовой культуры. Если в вариантах со вспашкой, чизелеванием и дискованием полевая всхожесть семян клевера находилась в пределах 40,7–41,1 %, то в варианте, где покровную культуру возделывали по технологии прямого посева в необработанную почву, этот показатель составил 31,4 %, что в 1,3 раза ниже по сравнению со вспашкой (таблица 2).

Таблица 2. Влияние способов основной обработки почвы под покровную культуру на полевую всхожесть семян, засоренность посевов и урожайность зеленой массы клевера лугового [11]

Вариант	Полевая всхожесть, %	Численность сорняков, шт/м^2	Сырая масса сорняков, г/м^2	Урожайность, ц/га	+/- к контролю	
					ц/га	%
Вспашка (контроль)	40,9	27,0	161,2	503	–	–
Чизелевание	41,1	25,8	159,3	502	-1	-0,2
Дискование	40,7	31,3	176,0	489	-14	-2,8
Прямой посев	31,4	90,8	366,7	451	-52	-10,3

Примечание*:* Численность и сырая масса сорняков – в среднем по двум укосам перед проведением уборки зеленой массы

Способы основной обработки почвы под покровную культуру, возделываемую с применением гербицида, оказывали влияние на засоренность посевов клевера лугового. В варианте, где проводили вспашку, численность сорняков в посевах клевера лугового составила 27,0 шт/м^2, а их сырая масса – 161,2 г/м^2. При замене вспашки чизелеванием и дискованием указанные выше показатели изменялись незначительно и находились в пределах 25,8–31,3 шт/м^2 и 159,3–176,0 г/м^2. В варианте с прямым посевом покровной культуры

в необработанную почву засоренность клевера лугового была значительно выше и составила 90,8 шт/м^2 и 366,7 г/м^2 (таблица 2).

Различия по полевой всхожести и засоренности посевов клевера лугового в вариантах обработки почвы под покровную культуру являлись причиной неодинаковой урожайности зеленой массы. Так, в варианте со вспашкой этот показатель составил 503 ц/га. Практически на таком же уровне (502 ц/га) он находился и при замене вспашки чизелеванием. В варианте, где под покровную культуру проводили дискование, существенного снижения урожайности зеленой массы не отмечалось, и она составила 489 ц/га, что лишь на 14 ц/га (2,8 %) ниже в сравнении со вспашкой. В то же время в варианте с прямым посевом покровной культуры в необработанную почву имело место значительное снижение этого показателя, и он не превышал 451 ц/га, т.е. был на 52 ц/га (10,3 %) ниже по сравнению с традиционной отвальной вспашкой (таблица 2).

Известно, что на величину урожайности сельскохозяйственных культур оказывают влияние свойства не только пахотного, но и более глубоких слоев почвы. При применении однооперационной техники для обработки почвы, внесения удобрений и пестицидов из-за многократных проходов агрегатов по полю отмечается переуплотнение почвы и подпахотных слоев. Ежегодная вспашка на постоянную глубину вызывает образование «плужной подошвы», из-за которой нарушается водный, воздушный и тепловой режимы почвы. В результате этого корневая система располагается в верхней части пахотного горизонта и в засушливых условиях вегетации растения больше страдают от недостатка влаги и элементов минерального питания, что существенно снижает их продуктивность. Для устранения этого негативного явления, важное значение имеет разуплотнение подпахотного горизонта. С этой целью рекомендуется использовать агрегаты для глубокой обработки: глубокорыхлители, щелеватели, чизельные плуги и т.д. Их необходимо применять один раз в 3–4 года осенью. Глубина обработки должна составлять до 40–45 см. В условиях Беларуси разуплотнение «плужной подошвы» на переуплотненных почвах в севообороте обеспечивало увеличение урожайности зеленой массы клевера до 17,7 % [12].

Установлено, что на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве урожайность зеленой массы клевера лугового в варианте, где покровную культуру (озимая тритикале) возделывали по ежегодно проводимой в севообороте вспашке, составила 647 ц/га. При проведении в севообороте, в т.ч. под покровную культуру, безотвальной глубокой обработки почвы с рыхлением подпахотного горизонта данный показатель был равен 664 ц/га, т.е. увеличился на 17,0 ц/га или 2,6 % (таблица 3).

На рост и развитие клевера лугового, а также его продуктивность значительное влияние оказывают такие элементы технологии возделывания покровной культуры как применение азотных удобрений, норма высева семян и срок уборки. Повышение доз азота и норм высева семян покровной культуры, а также поздние сроки ее уборки, снижают густоту растений клевера, что оказывает отрицательное влияние на его продуктивность. Установлено, что

наибольшей она была при возделывании покровной культуры (ячмень) с нормой высева семян 3,5 млн/га с применением азота в дозе N_{60} и уборке в фазу молочно-восковой спелости зерна. Сбор сухого вещества клевера лугового в этом случае составил 115,0 ц/га (таблица 4).

Таблица 3. Влияние способов обработки почвы под покровную культуру на урожайность зеленой массы клевера лугового

Вариант	Урожайность, ц/га	+/- к контролю	
		ц/га	%
Вспашка (контроль)	647	–	–
Безотвальная глубокая обработка (30–35 см)	664	17,0	2,6

Таблица 4. Влияние норм высева семян, доз азота, срока уборки покровной культуры на сбор сухого вещества клевера лугового, ц/га [13]

Норма высева ячменя, млн/га	Доза азота, кг/га	Срок уборки ячменя	
		молочно-восковая спелость зерна	полная спелость зерна
3,5 млн/га ячменя	N_{60}	115,0	105,5
	N_{90}	108,8	97,4
	N_{120}	104,3	100,5
5,0 млн/га ячменя	N_{60}	111,7	104,9
	N_{90}	113,0	95,9
	N_{120}	101,4	90,2

В вариантах, где при оптимальной норме высева (3,5 млн/га) семян ячменя вносили азот в дозе N_{90} и N_{120}, сбор сухого вещества последующего клевера лугового был равен соответственно 108,8 и 104,3 ц/га, т.е. уменьшился по сравнению с дозой N_{60} на 6,2 и 10,7 ц/га или 5,4 и 10,7 %. При возделывании ячменя с номой высева 5,0 млн/га и внесением азота в дозе N_{60} сбор сухого вещества клевера лугового составил 111,7 ц/га, что ниже по сравнению с нормой высева семян 3,5 млн/га на 3,3 ц/га или 2,9 %. В варианте с возделыванием ячменя с нормой высева 3,5 млн/га и внесением азота в дозе N_{60} с уборкой в фазу полной спелости зерна сбор сухого вещества клевера лугового составил 105,5 ц/га, т.е. уменьшился по сравнению с уборкой в фазу молочно-восковой спелости зерна покровной культуры на 9,5 ц/га или 8,3 %.

Существенное влияние на продуктивность клевера лугового оказывает засоренность посевов покровной культуры. Сорняки, формируя значительную вегетативную массу, оказывают угнетающее действие на молодые растения клевера, что приводит к изреживанию его посевов и недобору урожая. Поэтому одним из основных факторов формирования высокой урожайности клевера лугового является применение гербицида на посевах покровной культуры. Установлено, что на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве с высокой естественной засоренностью и наличием 200 шт/м^2 сорняков в посевах покровной культуры (ячмень), возделываемой без применения гербицида, урожайность зеленой массы клевера лугового со-

ставила 391 ц/га. В варианте, где на посевах ячменя проводили химическую прополку с использованием гербицида Агритокс, в.к. (1,2 л/га) данный показатель был равен 512 ц/га, т.е. увеличился на 121 ц/га (30,9 %) (таблица 5).

Таблица 5. Влияние гербицидов, применяемых на покровной культуре на урожайность зеленой массы клевера лугового

Вариант	Урожайность, ц/га	+/- к контролю	
		ц/га	%
Среднеокультуренная почва			
Без гербицидов (контроль)	391	–	–
Агритокс, в.к. (1,2 л/га)	512	121	30,9
Высокоокультуренная почва			
Без гербицидов (контроль)	477	–	–
Базагран, в.р. (3,0 л/га)	576	99	20,8
Боронование	493	16	3,4

На высокоокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве при наличии в посевах ячменя с подсевом клевера, возделываемого без химической прополки, 96 шт/м^2 сорняков урожайность зеленой массы клевера лугового составила 477 ц/га. В варианте, где на посевах ячменя применяли гербицид Базагран, в.р. (3,0 л/га), указанный выше показатель был равен 576 ц/га, т.е. увеличился на 99 ц/га (20,8 %). При проведении через 5 дней после посева ячменя боронования урожайность зеленой массы последующего клевера лугового составила 493 ц/га, т.е. увеличилась на 16 ц/га или 3,4 % (таблица 5). Полученные результаты свидетельствуют о том, что отказ от проведения химической прополки покровной культуры невозможно компенсировать боронованием ее посевов даже на высокоокультуренной почве с незначительным уровнем потенциальной засоренности.

Выводы

1. На высокоокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве при проведении под покровную культуру (ячмень) вспашки в поздние сроки урожайность зеленой массы клевера лугового снижалась на 16,8 %.

2. На среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве проведение под покровную культуру вспашки и чизелевания обеспечило примерно одинаковую урожайность зеленой массы клевера лугового. Дискование и прямой посев из-за снижения полевой всхожести семян этой бобовой культуры и увеличения засоренности посевов уменьшали урожайность соответственно на 2,8 и 10,3 %.

3. При проведении в севообороте, в т.ч. под покровную культуру (озимая тритикале) безотвальной глубокой обработки почвы урожайность зеленой массы клевера лугового увеличилась на 2,6 %.

4. Сбор сухого вещества клевера лугового снижался при повышении нормы высева семян покровной культуры (ячмень) с 3,5 до 5,0 млн/га и использования оптимальной дозы азота N_{60} на 2,9 %. При повышении дозы азо-

та с N_{60} до $N_{90–120}$ на фоне оптимальной нормы высева семян (3,5 млн/га) сбор сухого вещества клевера лугового был ниже по сравнению с N_{60} на 5,4–10,7 %. Проведение уборки покровной культуры в фазу полной спелости зерна снижал указанный выше показатель на 8,3 % в сравнении с уборкой в фазу молочно-восковой спелости зерна.

5. Применение гербицидов при возделывании ячменя с подсевом клевера повышало урожайность зеленой массы клевера лугового на 20,8–30,9 % в зависимости от уровня засоренности покровной культуры. При проведении боронования посевов ячменя прибавка урожайности зеленой массы последующего клевера лугового составила 3,4 %.

Литература

1. Привалов, Ф. И. Растительный белок, молока исток / Ф. И. Привалов, П. П. Васько // Белорусское сельское хозяйство. – 2012. – №3. – С. 53–56.

2. Привалов, Ф. И. О состоянии и приоритетных направлениях научных исследований в земледелии и растениеводстве в Беларуси / Ф. И. Привалов // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – №1. – С. 3–12.

3. Самсонов, В. П. Аспекты экономической и энергетической оценки эффективности возделывания клевера и применения органических удобрений / В. П. Самсонов, В. И. Барташевич, Л. А. Булавин // Агроэкономика. – 2000. – №3. – С. 20–22.

4. Кадыров, М. А. О приоритетах отечественного земледелия / М. А. Кадыров, Л. А. Булавин, С. С. Небышинец // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – №5. – С. 3–6.

5. Саранин, К. И. Ранний подъем зяби / К. И. Саранин // Земледелие. 1980. – №8. – С. 30–31.

6. Булавин, Л. А. Агроэкономические основы ресурсосберегающего и природоохранного земледелия в Беларуси / Л. А. Булавин, А. П. Гвоздов, А. Ч. Скируха. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 220 с.

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

8. Самерсов, В. Ф. Курс – на интегрированную защиту / В. Ф.Самерсов // Защита растений. – 1989. – №11. – С. 7–8.

9. Земледелие: учебник / П. И. Никончик [и др.]; под ред. П. И. Никончика, В. Н. Прокоповича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 584 с.

10. Привалов, Ф. И. Урожайность зеленной массы клевера лугового в зависимости от способа основной обработки почвы под покровную культуру / Ф. И. Привалов [и др.] // Мелиорация. – 2015. – №1(73). – С. 85–90.

11. Булавин, Л. А. Влияние способов основной обработки почвы под покровную культуру на урожайность и экономическую эффективность возделывания клевера лугового / Л. А. Булавин [и др.] // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; гл. ред. Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – Вып. 50. – С. 34–41.

12. Булавин, Л. А. Ресурсосберегающие природоохранные системы обработки почвы / Л. А. Булавин [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – С. 21–36.

13. Володькина, Л. В. Совершенствование элементов технологии возделывания клевера лугового на корм и семена в Центральной зоне Беларуси: автореф. дис. … канд.

с.-х. наук : 06.01.09 / Володькина Людмила Владимировна ; НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – 2022. – 25 с.

INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGY ELEMENTS FOR THE COVER CROP ON RED CLOVER YIELD

A. Ch. Skirukha, L. A. Bulavin, D. N. Volodzkin, L. V. Volodzkina, M. A. Belanovskaya, V. D. Krantsevich

On sod-podzolic sandy loam soil chemical weeding of the cover crop increases the yield of red clover by 20.8–30.9 %, depending on the weed infestation level. Failing the optimal dates of plow in cover crop cultivation reduces that indicator by 16.8 %. When plowing was replaced by chisel tillage the yield of the subsequent red clover remained approximately the same, while disk plowing and direct seeding decreased it by 2.8 and 10.3 %, respectively. Increasing the seeding rate of the cover crop from 3.5 to 5.0 million/ha, and the nitrogen dose from N_{60} to N_{90-120}, reduced the yield of red clover by 5.4–10.7 %, respectively. Late harvesting of the cover crop reduced that figure by 8.3 %.

УДК 633.521:631.55

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЖМЫХОВ ИЗ СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

М. Е. Маслинская, *кандидат с.-х. наук*
РУП «Институт льна», аг. Устье, margo.maslinskaya@mail.ru
(Дата поступления статьи в редакцию 11.03.2026)

Рецензент: Долгова Е.Л., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *Изучен выход жмыха из семян сортов льна белорусской селекции и его химический состав. Массовая доля жира в жмыхе сортов льна масличного составила 18,6–20,0 %, содержание белка – 31,1–31,6 %; у сортов льна-долгунца – 18,7–18,8 % и 31,6–32,6 % соответственно. Максимальное количество α-линоленовой кислоты отмечено у сорта Грант (55,3 %), минимальное – у сорта Дар (51,1 %). Сорта льна масличного характеризовались более высоким содержанием клетчатки – 12,7–13,1 %, при этом значения зольности изучаемых сортов изменялись незначительно: 5,3–5,4 % у сортов льна масличного и 5,5–5,6 % – у сортов льна-долгунца. В жмыхе сортов льна-долгунца отмечено более высокое суммарное содержание токоферолов – 3,97–4,14 мг/100 г и тиамина (витамина B_1) – 1,14–1,16 мг/100 г и более низкое содержание витамина B_6 – 0,45–0,69 мг/100 г. Минимальное содержание витамина B_2 (рибофлавина) отмечено у сорта льна-долгунца Талер (0,99 мг/100 г), максимальное – у сорта льна-долгунца Грант (1,33 мг/100 г). У сортов льна масличного величина данного показателя составила 1,22–1,26 г. Полученные данные подтверждают высокую пищевую ценность льняного жмыха и широкие перспективы его использования в качестве отечественного компонента при разработке комбикормов для кормления молодняка крупного рогатого скота.*

Введение. После извлечения масла из семян льна все белковые вещества, минералы и витамины концентрируются в льняном жмыхе, а сам побочный продукт производства превращается в отличную белковую добавку, которая может серьезно конкурировать по питательности и продуктивному действию с традиционными высокобелковыми компонентами рациона [1–2]. Жиры, остающиеся в льняном жмыхе после отгонки масла, обладают теми же полезными свойствами, что и льняное масло. Уникальность льняного масла состоит в высоком содержании альфа-линоленовой (омега-3) жирной кислоты, а также других ненасыщенных жирных кислот [3]. Жмых льна является источником большинства витаминов – B_1, B_2, B_6, ниацина, пантотеновой кислоты, фолиевой кислоты, биотина. Особенно высокое содержание тиамина и фолиевой кислоты. В 100 г жмыха льна содержится половина суточной потребности в этих витаминах. Богатый химический состав позволяет составлять с помощью льняного жмыха более сбалансированные рационы для кормления скота и его молодняка [4–5]. Таким образом, изучение перспектив использования семян и жмыха из семян сортов льна-долгунца и льна масличного в качестве компонента комбикорма на основании изучения его химического состава, является актуальным.

Цель исследований: изучить выход жмыха из сортов льна белорусской селекции и провести сравнительный анализ его химического состава.

Материалы и методы исследований Объектами исследования служили семена и жмых двух сортов льна масличного и двух сортов льна-долгунца. Для получения семян и жмыха на опытном участке РУП «Институт льна» заложен полевой опыт в четырехкратной повторности согласно общепринятой методике [6]. Площадь делянки 15 $м^2$, учетная – 10,5 $м^2$. Минеральные удобрения внесены в дозе $N_{50}P_{60}K_{90}$ кг/га д.в. (под лен масличный) и $N_{20}P_{60}K_{90}$ (под лен-долгунец). Норма высева льна масличного – 10 млн всхожих семян на гектар, льна-долгунца – 22 млн всхожих семян на гектар. Предшественник – зернобобовые.

Метеорологические условия периодов вегетации 2023 г. и 2025 г., согласно данным метеостанции г. Орша Витебской области, можно охарактеризовать как избыточно увлажненные. Общее количество осадков, выпавших за период вегетации 2023 г. составило 302,0 мм, сумма активных температур – 1775 ºС, ГТК – 1,7, в 2025 г. – 359,7 мм, 1773 ºС, 2,03 соответственно [7]. В 2024 г. количество осадков, выпавших за вегетационный период, составило 262,7 мм, сумма активных температур – 1978 ºС, ГТК – 1,33 (год – обеспеченно увлажненный).

Изучение химического анализа жмыхов проведено в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» согласно ГОСТ 10857-64, ГОСТ 10846-91, СТБ ИСО 15304-2007 [8–14]. Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ Microsoft Office Excel 2016.

Результаты исследований. Определена урожайность сортов льна при изучении их в полевых условиях 2023–2025 гг. (рисунок 1).

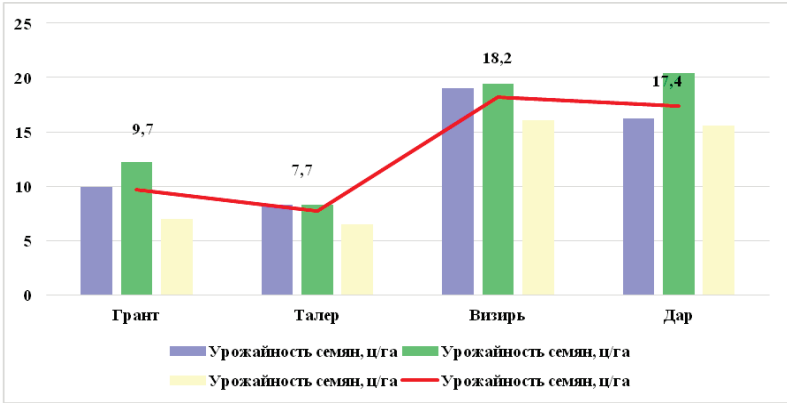


Рисунок 1. Урожайность семян льна в полевом опыте (среднее за 2023-2025 гг.)

Средняя урожайность семян сорта Талер за три года составила 7,7 ц/га при варьировании по годам в пределах 6,5–8,3 ц/га, у сорта Грант – 9,72 ц/га при варьировании от 7,0 до 12,2 ц/га. У сортов льна масличного Визирь и Дар получена средняя урожайность семян 18,2 и 17,4 ц/га соответственно при изменении данного показателя по годам исследований от 16,1 до 19,0 ц/га у сорта Визирь, от 15,6 до 20,4 ц/га – у сорта Дар.

Семена льна масличного характеризовались более высоким содержанием масла, а также его сбором с гектара посева (таблица 1). Так, в среднем за годы исследований семена сорта льна-долгунца Грант содержали 35,0 % масла, сорта льна-долгунца Талер – 35,6 %, сорта льна масличного Визирь – 41,3 %, льна масличного Дар – 40,1 %. Средний сбор масла за три года изучения у сортов льна масличного составил 6,2–6,6 ц/га и вдвое превышал значения данного показателя у сортов льна-долгунца (2,4–3,0 ц/га).

Таблица 1. Содержание масла в семенах льна (среднее за 2023-2025 гг.)

Сорт	Содержание масла, %				Сбор масла, ц/га			
	2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее	2023 г.	2024 г.	2025 г.	среднее
Грант	37,0	35,5	32,6	35,0	3,2	3,8	2,0	3,0
Талер	36,4	34,7	35,7	35,6	2,7	2,5	2,0	2,4
Визирь	43,8	43,2	36,8	41,3	7,3	7,4	5,2	6,6
Дар	39,9	42,7	37,6	40,1	5,7	7,7	5,2	6,2
$НСР_{05}$	*1,7*	*2,3*	*1,1*		*1,1*	*1,3*	*0,9*	

На растениях льна-долгунца в полевых условиях 2023 г. сформировалось в среднем 2,3–2,5 коробочек, в 2024 г. – 2,8–3,3 коробочек, в 2025 г. – 4,1–4,7 коробочек (рисунок 2). На растениях льна масличного в 2023 г. количество сформированных коробочек составило 6,2–6,5 шт., в 2024 г. – 7,1–7,8 шт., в 2025 г. – 13,7–17,8 шт.

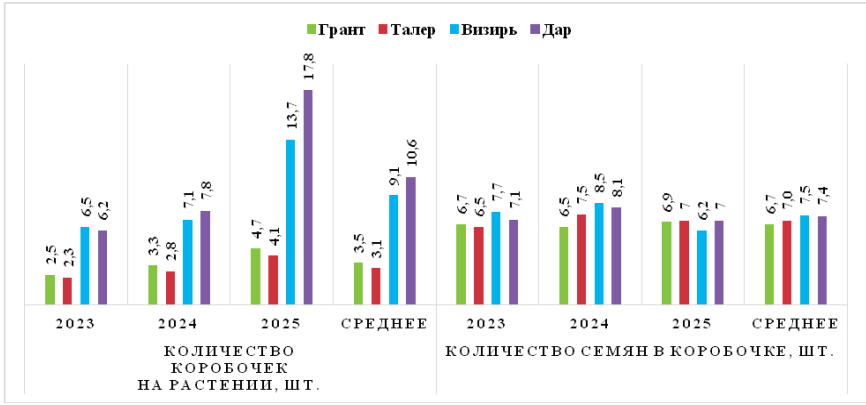


Рисунок 2. Структура урожайности сортов льна (среднее за 2023-2025 гг.)

Количество семян в каждой коробочке также варьировало в зависимости от года исследований и составило в 2023 г. для сортов льна-долгунца 6,5–6,7 шт., сортов льна масличного – 7,1–7,7 шт. В 2024 г. значения данного показателя были у сортов льна-долгунца 6,5–7,5 шт., сортов льна масличного – 8,1–8,5 шт. В условиях 2025 г. количество семян в коробочках льна-долгунца составило 6,9–7,0 шт., льна масличного – 6,2–7,0 шт. Масса 1000 семян у сортов льна-долгунца была 4,7 г в 2023 г., 4,1–4,6 г – в 2024 г., 4,0–4,1 г – в 2025 г. (рисунок 3).



Рисунок 3. Масса 1000 семян у сортов льна (среднее за 2023-2025 гг.)

Сорта льна масличного имели более высокие значения данного показателя: 6,5–7,1 г (2023 г.), 5,3–5,4 г (2024 г.), 4,6–4,9 г (2025 г.).

На лабораторном прессе определен процентный выход жмыха из семян сортов льна (рисунок 4). Жмыхи из семян льна масличного имеют более тем-

ный оттенок. Наиболее высокие средние значения данного показателя за годы исследований отмечены у сорта льна-долгунца Талер (76,6 %) при варьировании по годам в пределах 75,4–77,7 %. У сорта Грант данной культуры получены средние значения процентного выхода – 75,6 % при изменении в течение 2023–2025 гг. от 73,6 до 76,7 %. Более низкие средние величины анализируемого признака установлены для сортов льна масличного – 69,3 % у сорта Визирь, 70,9 % у сорта Дар при изменении по годам в пределах 68,2–70,1 % и 69,8–71,1 % соответственно. Анализ полученных данных свидетельствует о более низком процентном выходе жмыха из семян льна в 2024 г. по сравнению с 2023 г. и 2025 г.



а) Талер б) Грант

в) Дар г) Визирь

Рисунок 4. Жмых из семян сортов льна

Изучение химического состава проведено в аккредитованной лаборатории РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию (протоколы испытаний №4611 от 19.10.2023 г., №4307 от 30.09.2024 г., №4921 от 17.10.2025 г.). Массовая доля жира в жмыхе льна масличного Визирь и Дар в среднем за 2023–2025 гг. составила 20,0 и 18,6 %, льна-долгунца Талер и Грант – 18,7 и 18,8 % соответственно (рисунок 5). Следует отметить, что в жмыхе из семян льна содержится значительное количество белка.

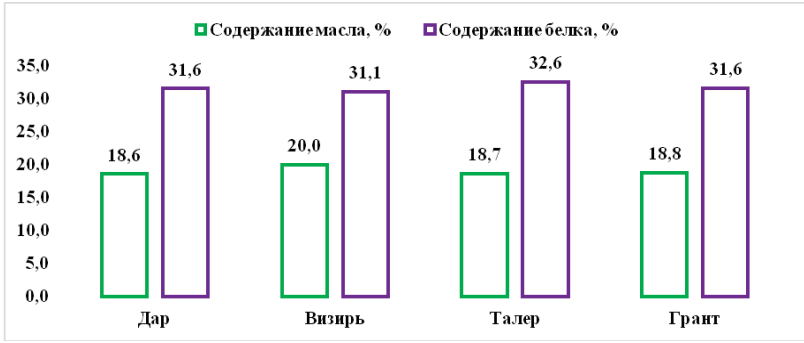


Рисунок 5. Содержание жира и белка в жмыхе льна (среднее за 2023-2025 гг.)

У льна масличного в среднем за три года исследований содержание данного компонента составило 31,6 % у сорта Дар и 31,1 % – у сорта Визирь, у сортов льна-долгунца – 32,6 % у сорта Талер и 31,6 % – у сорта Грант.

Изучен жирнокислотный состав масла, извлеченного из жмыха семян льна, выявлены различия между сортами льна-долгунца и льна масличного. Так, в масле обнаружены в незначительных количествах миристиновая (0,1 % у сортов Дар и Визирь), пальмитолеиновая (0,1 %), маргариновая (0,1 % у сортов Дар и Визирь), у-линоленовая (0,2–0,3 %), арахиновая (0,2 %), бегеновая (0,1 %), лигноцериновая (0,1 %).

Основные насыщенные кислоты, присутствующие в масле семян льна – пальмитиновая и стеариновая (рисунок 6). Содержание пальмитиновой кислоты у льна-долгунца и льна масличного в среднем за годы исследований варьировало незначительно и составило 6,1 % (сорта Талер, Грант) – 6,3 % (сорт Дар). Более высокое процентное содержание стеариновой кислоты отмечено у сорта льна-долгунца Талер (4,0 %) и сорта льна масличного Визирь (3,8 %).

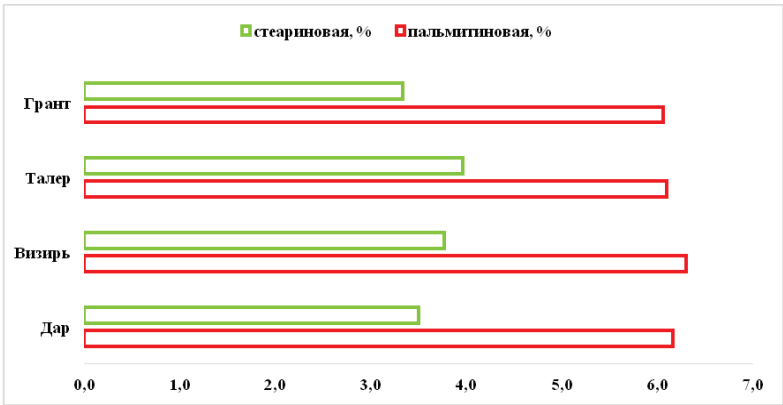


Рисунок 6. Содержание насыщенных кислот в масле из жмыха льна

Основными ненасыщенными жирными кислотами, входящими в состав льняного масла, являются олеиновая, линолевая и α-линоленовая (таблица 2). Минимальное содержание олеиновой кислоты отмечено у сортов Дар (19,3 %) и Грант (19,2 %), максимальное – у сортов Талер (21,2 %) и Визирь (20,3 %).

Таблица 2. Основные насыщенные жирные кислоты, содержащиеся в масле из жмыха льна

Кислота	Сорт			
	Дар	Визирь	Талер	Грант
Олеиновая, %	19,3	20,3	21,2	19,2
Линолевая, %	18,9	15,4	14,7	15,2
α-линоленовая, %	51,1	53,3	53,1	55,3

По максимальному содержанию линолевой кислоты выделен сорт с измененным жирнокислотным составом Дар (18,9 %), между другими изучаемыми сортами различия по содержанию данного компонента были незначительными: Визирь (15,4 %), Талер (14,7 %), Грант (15,2 %). Максимальное количество α-линоленовой кислоты в среднем за три года исследований (55,3 %) отмечено у сорта Грант, минимальное – у сорта льна масличного Дар (51,1 %).

Более высокое содержание клетчатки отмечено у сортов льна масличного: 13,1 % у сорта Дар, 12,7 % у сорта Визирь. Значения данного показателя у сортов льна-долгунца Талер и Грант составили 12,1 и 12,5 % соответственно (рисунок 7).

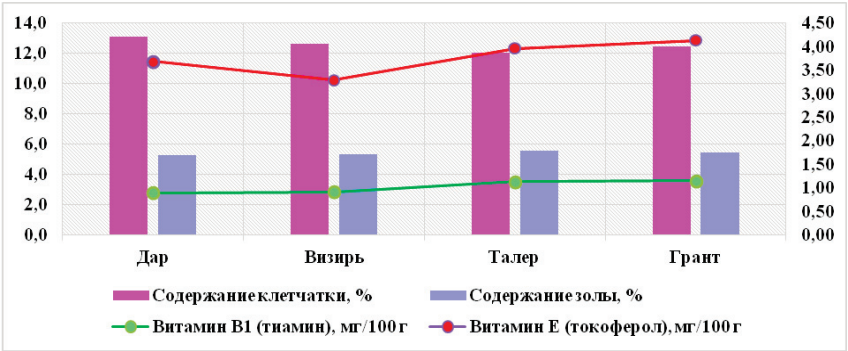


Рисунок 7. Содержание золы, клетчатки и витаминов B_1 и Е в жмыхе из льна (среднее за 2023-2025 гг.)

Зольность изучаемых сортов отмечена на одном уровне и составила 5,3–5,4 % у сортов льна масличного и 5,5–5,6 % у сортов льна-долгунца.

Изучено также содержание витамина B_1 (тиамина) и витамина Е (токоферолов) в жмыхе из семян сортов льна. Следует отметить, что максимальные

ное суммарное содержание токоферолов выявлено у сортов льна-долгунца Талер и Грант – 3,97 и 4,14 мг/100 г. При этом значения показателя у сортов льна масличного составили 3,29 мг/100 г у сорта Визирь и 3,69 мг/100 г – у сорта Дар. У сортов льна-долгунца отмечено более высокое содержание тиамина (витамина B_1) – 1,14–1,16 мг/100 г при соответствующих значениях у сортов льна масличного – 0,89–0,92 мг/100 г.

У сортов льна масличного выявлено более высокое содержание витамина B_6: 1,05–1,59 мг/100 г при значениях данного показателя у сортов льна-долгунца 0,45–0,69 мг/100 г (таблица 3).

Таблица 3. Содержание витаминов B_2 и B_6 в жмыхе сортов льна

Витамин	Сорт			
	Дар	Визирь	Талер	Грант
Витамин B_6, мг/100г	1,05	1,59	0,45	0,69
Витамин B_2, мг/100 г	1,22	1,26	0,99	1,33

Минимальное содержание витамина B_2 (рибофлавина) отмечено у сорта льна-долгунца Талер (0,99 мг/100 г), максимальное – у сорта льна-долгунца Грант (1,33 мг/100 г). У сортов льна масличного величина данного показателя составила 1,22–1,26 мг/100 г.

Выводы

1. В среднем за 2023–2025 гг. урожайность семян у сорта льна-долгунца Талер составила 7,7 ц/га, сорта Грант – 9,72 ц/га, у сортов льна масличного Визирь и Дар – 18,2 и 17,4 ц/га соответственно. Сорта льна масличного характеризовались более высоким содержанием масла (40,1–41,3 %), а также его сбором с гектара посева (6,2–6,6 ц/га).

2. Наибольший выход жмыха за период исследований отмечен у сорта льна-долгунца Талер (76,6 %). Массовая доля жира в жмыхе сортов льна масличного Визирь и Дар в среднем за 2023–2025 гг. изменялась в пределах 18,6–20,0 %, сортов льна-долгунца Талер и Грант – 18,7–18,8 %. У льна масличного содержание белка составило 31,1 (Визирь) – 31,6 % (Дар), у сортов льна-долгунца – 31,6 (Талер) – 32,6% (Грант).

3. Содержание пальмитиновой кислоты у льна-долгунца и льна масличного в среднем за годы исследований варьировало незначительно и составило от 6,1 % (Талер, Грант) до 6,3 % (Дар). Более высокое содержание стеариновой кислоты отмечено у сорта льна-долгунца Талер (4,0 %) и сорта льна масличного Визирь (3,8 %), минимальное содержание олеиновой кислоты установлено у сортов Дар (19,3 %) и Грант (19,2 %), максимальное – у сортов Талер (21,2 %) и Визирь (20,3 %). По максимальному содержанию линолевой кислоты выделен сорт с измененным жирнокислотным составом Дар (18,9 %). Максимальное количество α-линоленовой кислоты в среднем за три года исследований (55,3 %) отмечено у сорта Грант, минимальное – у сорта льна масличного Дар (51,1 %).

4. Более высоким содержанием клетчатки характеризовались сорта льна масличного – 12,7–13,1 %. Зольность изучаемых сортов была на одном уровне и составила 5,3–5,4 % у льна масличного и 5,5–5,6 % – у льна-долгунца. Максимальное суммарное содержание токоферолов определено у сортов льна-долгунца Талер и Грант – 3,97 и 4,14 мг/100 г. Также сорта льна-долгунца характеризовались более высоким содержанием тиамина (витамина B_1) – 1,14–1,16 мг/100 г. У льна масличного установлено более высокое содержание витамина B_6: 1,05–1,59 мг/100 г при значениях данного показателя у сортов льна-долгунца 0,45–0,69 мг/100 г. Минимальное содержание витамина B_2 (рибофлавина) было у сорта льна-долгунца Талер (0,99 мг/100 г), максимальное – у сорта льна-долгунца Грант (1,33 мг/100 г). У сортов льна масличного величина данного показателя составила 1,22–1,26 г.

5. Проведенные исследования по изучению химического состава жмыхов, извлеченных из семян льна отечественной селекции, подтверждают его высокую пищевую ценность, обусловленную жирнокислотным составом масла, содержанием белка, клетчатки и витаминов.

Литература

1. Подобед, Л. И. Льняной жмых пополняет ассортимент белковых добавок для животных и птицы / Л. И. Подобед // Эффективное животноводство. – 2019. – № 5 (153). – С.46-48.

2. Янова, М. А. Влияние экструзионной обработки на белковый комплекс льняного жмыха / М. А. Янова, Н. В. Снегирева, С. В. Хижняк // Химия растительного сырья. – 2022. – №2. – С. 253–259.

3. Жиенбаева, С. Т. Применение льняного жмыха при производстве комбикормов для сельскохозяйственных птиц / С. Т. Жиенбаева, А. М. Ермуканова, А .Б. Мынбаева // Механика и технология. – 2020. – №4. – С.83-88.

4. Жукова, Ю. С. Организационно-технологические аспекты развития льняного подкомплекса Кировской области / Ю. С. Жукова, Е. С. Лыбенко, Е. С. Стаценко // Киров: Аверс, 2020. – 102 с.

5. Зубцов, В. А. Стратегия развития технологий в кормопроизводстве по использованию семян льна и продуктов их переработки / В. А. Зубцов, И. Э. Миневич // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – №4 (20). – С.73-77.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 51 с.

7. Агрометеорологический бюллетень / ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»; ред. О. М. Клинцевич, начальник Т. С. Гомонова, 2023–2025 гг. – (Обзорная информация / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь).

8. ГОСТ 10857-64. Семена масличные. Методы определения масличности. М.: Стандартинформ, 2010. 6 с.

9. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Методы определения белка. – М.: Стандартинформ, 2010. – 4 с.

10. СТБ ИСО 15304-2007. Жиры и масла животные растительные. Определение содержания трансизомеров жирных кислот в растительных жирах и маслах методом газовой хроматографии. Минск: Госстандарт, 2007. – 24 с.

11. ГОСТ EN 12822-2020. Продукция пищевая. Определение содержания витамина Е методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Измерение альфа-, бета-, гамма- и дельта-токоферолов. – Минск: Госстандарт, 2020. – 24 с.

12. ГОСТ EN 14152-2020 Продукция пищевая. Определение содержания витамина B_2 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Минск: Госстандарт, 2020. – 20 с.

13. ГОСТ EN 14122-2020 Продукция пищевая. Определение содержания витамина B_1 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Минск: Госстандарт, 2020. – 24 с.

14. ГОСТ EN 14164-2020 Продукция пищевая. Определение содержания витамина B_6 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Минск: Госстандарт, 2020. – 20 с.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FIBRE FLAX AND OIL FLAX SEED CAKE

M. E. Maslinskaya

The yield of oil seed cake of Belarusian flax varieties and its chemical composition were studied. The mass fraction of fat in cake of oil flax varieties was 18.6–20.0 %, the protein content was 31.1–31.6 %; in fiber flax varieties – 18.7–18.8 % and 31.6–32.6 %, respectively. The maximum amount of α-linolenic acid was noted in the Grant variety (55.3 %), the minimum – in the Dar variety (51.1 %). Oil flax varieties were characterized by a higher fiber content of 12.7–13.1 %, while the ash content of the studied varieties changed insignificantly: 5.3–5.4 % in oil flax varieties and 5.5–5.6 % in fiber flax varieties. The cake of fiber flax varieties had a higher total content of tocopherols (3.97–4.14 mg/100 g) and thiamine (vitamin B_1) – 1.14–1.16 mg/100 g and a lower content of vitamin B_6 – 0.45–0.69 mg/100 g. The minimum content of vitamin B_2 (riboflavin) was noted in the fiber flax variety Thaler (0.99 mg/100 g), the maximum – in the fiber flax variety Grant (1.33 mg/100 g). That indicator in oil fax varieties was 1.22–1.26 g. The obtained results prove the high nutritional value of oil flax seed cake due to fatty acid composition of oil (the content of α-linolenic acid is 51.1–55.3 %), protein content (31.1–32.6 %), fiber (12.1–13.1 %) and vitamins. Oil flax seed cake is a promising domestic component in the development of compound feed for young cattle.

УДК 633.82:631.543.2:633.71

СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СХЕМЫ ПОСАДКИ ТАБАКА ОБЫКНОВЕННОГО В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

***В. А. Сатишур*[1]**, *старший научный сотрудник,*
***Б. В. Шелюто*[2]**, *доктор с.-х. наук*

[1]*РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси»*
[2]*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»*

(Дата поступления статьи в редакцию 14.04.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты изучения систем применения минеральных удобрений и схем посадки табака обыкновенного в условиях северо-восточной части Беларуси. Максимальная урожайность*

сухих листьев табака обыкновенного сорта Белорусский сигаретный (30,0 ц/га) получена при использовании схемы посадки 33 см × 70 см (43 000 шт/га). Прибавка от применения системы минеральных удобрений (МКИ + $P_{50}K_{200}N_{120}$ + Монокремниевая к-та, 1 %, 4 л/га) составила 6,4 ц/га (27,1 %) к контролю. При этом содержание никотина в сухих листьях табака составило 1,40 % (ВС), содержание углеводов составило 12,81 % (ВС), содержание белков 9,83 % (1С), Число Шмука 1,30 (1С). Максимальная урожайность сухих листьев табака обыкновенного сорта Белорусский сигарный (28,26 ц/га) получена при схеме посадки 66 см × 70 см (21 500 шт/га. Прибавка от системы применения минеральных удобрений (МКИ + $P_{50}K_{200}N_{120}$ + Монокремниевая к-та 1%, 4 л/га) составила 18,95 ц/га (+20,3 %) к контролю. При этом содержание никотина в сухих листьях табака составило 1,49 % (ВС), содержание углеводов – 12,26 % (ВС), содержание белков – 9,50 % (1С), Число Шмука – 1,29 (1С).

Введение. В промышленности используют табак обыкновенный (*Nicotiana tabacum*) – растение семейства пасленовых высотой до 3 метров с продолговатыми листьями и розовыми цветками. Табак обыкновенный – ценная техническая культура. Ее возделывают для получения табачного сырья, из которого выпускают сигареты и сигары. Сейчас лидерами по выращиванию этой культуры считаются Китай, Индия, Бразилия и США. Распространен табак и в африканских странах (Зимбабве, Малави, Мозамбик, Уганда и др.). Выращиванием табака занимаются в Узбекистане и Казахстане [4, 5].

На территории Республики Беларусь табак появился в начале XIX века и сразу стал востребованным и прибыльным. В 1960 годах только в Гродненской области под табаком было занято 1,5 тыс. га. Урожайность сухих листьев табака в наших условиях достигала: 15 ц/га в колхозе им. Воронецкого Берестовицкого района (*Берлей*); 17 ц/га в колхозе им. Кирова Ивьевского района (*Вирджиния*); 19 ц/га в колхозе им. Ленина Пинского района (*Дойна 211*); 21 ц/га на госсортоучастке СПК «Принеманский» Гродненского района (*Молдавский 872);* 23 ц/га в коллекционном питомнике Гродненского СХИ (*Юбилейный*) [8].

Несмотря на это, считали, что наш климат не подходит для выращивания необходимых объемов табака требуемого качества. Однако климат меняется, совершенствуются технологии выращивания теплолюбивых культур [7].

В лаборатории биохимии ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» с помощью гибридизации получены перспективные высокоурожайные сорта табака обыкновенного *Белорусский сигаретный* и *Белорусский сигарный*. В 2015 г. они успешно прошли регистрационные испытания в Брестской области, а в 2024 г. – на севере в Витебской области, а с 2025 г. рекомендованы для промышленного возделывания на всей территории республики. Белорусские сорта табака в наших условиях обладают хо-

рошим качеством табачного сырья для сигар и сигарет, устойчивы к пероноспорозу, табачному трипсу и тле [6, 7, 9].

В состав табачного сырья входят: никотин, сахара (растворимые углеводы), белки, зола и др. (таблица 1).

Таблица 1 – Химические показатели качества табака (Шмук, 1953) [5]

Показатель	Содержание в табаке, в % на сухое вещество			
	высший сорт	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
Никотин, не выше	1,2–1,5	1,5–1,7	1,7–1,9	выше 1,9
Углеводы, не ниже	12	7–12	4–7	ниже 4
Белки, не выше	8	8,5–9,5	9,5–10,5	выше 10,5–12
Число Шмука	около 2,0	около 1,2	около 0,7	около 0,4

Никотин, подобно многим другим веществам, образуется и накапливается в табаке во время его роста. Больше всего его содержится в листьях. У папиросных табаков содержание никотина обычно колеблется от 0,4 до 4 %, у махорки же его содержание доходит до 18 %. Никотин – необходимая составная часть табака, но избыточное его содержание является нежелательным. Установлено, что приблизительно 1,5 % никотина в табаке достаточно для удовлетворения потребности курящего человека, больше 3 % его содержания является излишним, понижающим качество табака [5, 7, 9].

Подобно многим другим растениям, табак в своем химическом составе содержит значительное количество сахаров, являющихся представителями особой группы химических веществ – углеводов. Количество сахаров в табаке колеблется обычно от 5 до 25 %. Как правило, наблюдается большое содержание сахаров у более высокосортных табаков (папиросного и трубочного типа). Сами сахара не обладают такими свойствами, которые могли бы объяснить их положительное влияние на качество табака. Это косвенный признак качественности. Можно полагать, что в табачном растении или листе условия, благоприятствующие накоплению углеводов (сахаров), ослабляют возможность относительного накопления вредно влияющих на качество табака веществ, как, например, белков [5, 7, 9].

В табаке имеется целый ряд химических соединений, содержащих в своем составе азот, поэтому они носят название азотистых соединений. К числу азотистых веществ относится и никотин. Другим существенным компонентом группы азотистых веществ табака является белок. Белковые вещества имеют широкое распространение в органическом мире и играют в жизни растения громадную роль. В табаке они образуются в период его роста в поле и во время дальнейших процессов первичной обработки, существенно меняются как количественно, так и качественно [5, 7, 9].

На курительные качества табака белки влияют также в сильной степени, оказывая отрицательное действие. Наблюдается закономерность, согласно которой чем больше табак во время вегетации накапливает углеводов, тем относительно меньше в нем содержится белков. Поэтому наличие большого

количества в табаке углеводов может указывать в этом табаке на относительно небольшое содержание белковых веществ. Эта закономерность была отмечена академиком А.А. Шмуком и по имени автора нашла свое выражение в так называемом «Числе Шмука», получаемом делением процента содержания углеводов на процент белков в данном табаке. В настоящее время считается, что табаки высших сортов имеют «число Шмука» больше, чем 1,3 [5, 7, 9].

Исследования по изучению систем применения минеральных удобрений и схем посадки табака обыкновенного в нашей республике, особенно для северо-восточной части, не проводились. Актуальность наших исследований обусловлена необходимостью введения табака в производство как импортозамещающей технической культуры, позволяющей снизить количество ввозимого из-за границы табачного сырья.

Цель наших исследований – оценка влияния минеральных удобрений и схем посадки на урожайность и качество табака обыкновенного белорусских сортов в условиях северо-востока Беларуси.

Материалы и методика исследований. Для выполнения поставленной цели на опытном поле РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси» в 2024–2025 гг. проведен полевой опыт. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная: поле № 3 (pH – 5,09, P_2O_5 – 123 мг/кг, K_2O – 160 мг/кг, медь – 3,9, цинк – 4,4 мг/кг почвы, гумус – 1,51 %); Поле № 4 (pH – 5,01, P_2O_5 – 119 мг/кг, K_2O – 170 мг/кг, CaO – 744 мг/кг почвы, MgO – 220 мг/кг, медь – 3,1, цинк – 3,7 мг/кг почвы, гумус – 1,55 %). Предшественник – озимые зерновые (озимый ячмень). Сорта табака обыкновенного: *Белорусский сигаретный и Белорусский сигарный*. Мелиорант (МКИ) [2] в дозе 5 т/га и минеральные удобрения $P_{50}K_{200}$ в виде аммонизированного суперфосфата и сульфата калия – внесены осенью под вспашку. Азотные удобрения N_{60}, N_{90}, N_{120} в виде карбамида внесены под весеннюю культивацию. Монокремниевая кислота вносилась в виде некорневой подкормки. Срок высадки 45 дневной рассады табака – 3 декада мая. Схемы посадки: 66 см × 70 см (21 500 шт/га) и 33 см × 70 см (43 000 шт/га). Уборка листьев табака – с 1 августа по 30 сентября. Опыт заложен в соответствии с методикой полевого опыта Б. А. Доспехова [1]. Качество табака (содержание никотина, углеводов, белков) определено в лаборатории РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси» и ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий».

Результаты исследований и их обсуждение. За счет почвенного плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы была сформирована урожайность сухих листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* 19,8 ц/га, сорта *Белорусский сигарный* – 9,31 ц/га. Увеличение количества высаженных растений с 21 500 шт/га до 43 000 шт/га сопровождалось увеличением урожайности листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 3,8 ц/га (19,1 %), сорта *Белорусский сигарный* – только на 0,49 ц/га или на 0,5 % (таблица 2).

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений и схем посадки на урожайность сухих листьев табака обыкновенного, ц/га

Схема посадки	Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	
			от А	от В
Поле № 3 (*Белорусский сигаретный*)				
66 см × 70 см (21 500 шт/га)	1. Контроль	19,8	-	-
	2. Мелиорант (МКИ), 5 т/га	20,8	-	+1,0
	3. МКИ+$P_{50}K_{200}$	21,5	-	+1,7
	4. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{60}$	23,9	-	+4,1
	5. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{90}$	25,1	-	+5,3
	6. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$	27,9	-	+8,1
	7. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$+ монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га	28,5	-	+8,7
33 см × 70 см (43 000 шт/га)	1. Контроль	23,6	+3,8	-
	2. Мелиорант (МКИ), 5 т/га	26,4	+5,6	+2,8
	3. МКИ+$P_{50}K_{200}$	24,9	+3,4	+1,3
	4. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{60}$	26,7	+2,8	+3,1
	5. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{90}$	27,5	+2,4	+3,9
	6. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$	29,7	+1,8	+6,1
	7. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$+ монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га	30,0	+1,5	+6,4
$НСР_{05}$ (Фактор А – схема посадки)		0,2		
$НСР_{05}$ (Фактор В – варианты)		0,3		
Поле № 4 (*Белорусский сигарный*)				
66 см × 70 см (21 500 шт/га)	1. Контроль	9,31	-	-
	2. Мелиорант (МКИ), 5 т/га	11,55	-	+2,24
	3. МКИ+$P_{50}K_{200}$	16,28	-	+6,97
	4. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{60}$	18,74	-	+9,43
	5. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{90}$	22,54	-	+13,23
	6. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$	25,97	-	+16,66
	7. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$ + монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га	28,26	-	+18,95
33 см × 70 см (43 000 шт/га)	1. Контроль	9,80	+0,49	-
	2. Мелиорант (МКИ), 5 т/га	13,28	+1,73	+3,48
	3. МКИ+$P_{50}K_{200}$	16,99	+0,71	+7,19
	4. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{60}$	18,74	0,00	+8,94
	5. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{90}$	21,64	-0,90	+11,84
	6. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$	23,97	-2,00	+14,17
	7. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$ + монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га	26,17	-2,09	+16,37
$НСР_{05}$ (Фактор А – схема посадки)		0,2		
$НСР_{05}$ (Фактор В – удобрения)		0,4		

Нами производству рекомендуется схема посадки табака обыкновенного сорта *Белорусский сигаретный* 33 см × 70 см (43 000 шт/га), сорта *Белорусский сигарный* – 66 см × 70 см (21 500 шт/га).

Применение мелиоранта (МКИ) в дозе 5 т/га увеличило урожайность сухих листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 1,0–2,8 ц/га (5,0–11,8 %), сорта *Белорусский сигарный* – на 2,24–3,48 ц/га (2,4–3,5 %).

Внесение $P_{50}K_{200}$ способствовало повышению урожайности табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,7 ц/га (3,5 %), сорта *Белорусский сигарный* – на 3,71–4,73 ц/га (3,7–5,0 %). Применение N_{60} обеспечило увеличение этого показателя у сорта *Белорусский сигаретный* на 1,8–2,4 ц/га (7,6–12,1 %), сорта *Белорусский сигарный* – на 1,75–2,46 ц/га (1,8–2,6 %). Доза азота N_{90} увеличивала урожайность сухих листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 1,8–2,4 ц/га (7,6–12,1 %), сорта *Белорусский сигарный* – на 1,75–2,46 ц/га (1,8–2,6 %). Максимальная доза N_{120} повышала урожайность сухих листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 4,8–6,4 ц/га (2,4–32,3 %), сорта *Белорусский сигарный* на 6,98–9,69 ц/га (7,12–10,4 %).

Внесение монокремниевой кислоты, 1 % (4 л/га) увеличило урожайность сухих листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,3–0,6 ц/га (на 1,2–3,0 %), сорта *Белорусский сигарный* – на 2,20–2,29 ц/га (на 2,2–2,4 %).

Применение мелиоранта (МКИ) в дозе 5 т/га достоверно увеличивало содержание никотина в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,07–0,11 %, снизив качество табака с ВС до 1С, сорта *Белорусский сигарный* – на 0,05–0,01 %; увеличивало содержание углеводов в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 5,11 %, улучшив качество табака с 3С и 2С до 1С, сорта *Белорусский сигарный* – на 5,11 %, улучшив качество табака с 2С до 1С; снижало содержание белков в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,6 % при улучшении качества табака с 1С до ВС, сорта *Белорусский сигарный* – на 0,5 %; увеличивало Число Шмука листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,68–0,69 %, улучшая качество табака с 3С до 1С, сорта *Белорусский сигарный* – на 0,78–0,80%, улучшая качество с 3С до 1С (таблица 3).

Использование минеральных удобрений в дозе $P_{50}K_{200}$ при выращивании табака оказало достоверное влияние на увеличение содержания никотина в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,06 %, сорта *Белорусский сигарный* – на 0,05 %; на увеличение содержания углеводов в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 3,12–4,12 % (улучшив качество табака с 1С до ВС), сорта *Белорусский сигарный* – на 3,12–4,12 % (улучшив качество табака с 1С до ВС); на снижение содержания белков в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,70 %, сорта *Белорусский сигарный* – на 0,6 %; на увеличение Числа Шмука листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,54–0,70 % (улучшив качество табака с 1С до ВС), сорта *Белорусский сигарный* – на 0,61–0,80% (улучшив качество табака с 1С до ВС).

Применение азотных удобрений в дозе N_{120} оказало достоверное влияние на увеличение содержания никотина в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,89–0,85 % (ухудшив качество табака с 1С до 3С), сорта *Белорусский сигарный* на 0,06 % (ухудшив качество табака с ВС до 3С); – на снижение содержания углеводов в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 7,56–8,56 % (ухудшив качество табака с 1С до 2С), сорта

Белорусский сигарный – на 7,81–8,81 % (ухудшив качество табака с ВС до 2С); на увеличение содержания белков в сухих листьях табака сорта *Белорусский*

Таблица 3 – Качество сухих листьев табака обыкновенного при применении минеральных удобрений и схем посадки

Схема посадки	Вариант	Никотин, %	Углеводы, %	Белки, %	Число Шмука
Поле № 3 (*Белорусский сигаретный*)					
66 см × 70 см (21 500 шт/га)	1. Контроль	1,43 (**ВС**)	3,55 (**3С**)	8,51 (**1С**)	0,42 (**3С**)
	2. Мелиорант (МКИ), 5 т/га	1,50 (**1С**)	8,66 (**1С**)	7,91 (**ВС**)	1,10 (**1С**)
	3. МКИ+$P_{50}K_{200}$	1,56 (**1С**)	11,78 (**1С**)	7,21 (**ВС**)	1,64(**ВС**)
	4. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{60}$	1,70 (**2С**)	9,28 (**1С**)	12,59 (**3С**)	0,74 (**2С**)
	5. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{90}$	2,30 (**3С**)	5,78 (**2С**)	14,92 (**3С**)	0,39 (**3С**)
	6. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$	2,45 (**3С**)	4,22 (**2С**)	17,65 (**3С**)	0,24 (**3С**)
	7. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$+ монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га	1,42 (**ВС**)	12,31 (**ВС**)	9,98 (**1С**)	1,23 (**1С**)
33 см × 70 см (43 000 шт/га)	1. Контроль	1,43 (**ВС**)	4,05 (**2С**)	8,36 (**1С**)	0,49 (**3С**)
	2. Мелиорант (МКИ), 5 т/га	1,54 (**1С**)	9,16 (**1С**)	7,76 (**ВС**)	1,18 (**1С**)
	3. МКИ+$P_{50}K_{200}$	1,60 (**1С**)	13,28 (**ВС**)	7,06 (**ВС**)	1,88(**ВС**)
	4. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{60}$	1,70 (**2С**)	9,78 (**1С**)	14,70 (**3С**)	0,67 (**2С**)
	5. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{90}$	2,20 (**3С**)	6,28 (**2С**)	16,03 (**3С**)	0,39 (**3С**)
	6. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$	2,45 (**3С**)	4,72 (**2С**)	17,50 (**3С**)	0,27 (**3С**)
	7. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$+ монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га	1,40 (**ВС**)	12,81 (**ВС**)	9,83 (**1С**)	1,30 (**1С**)
$НСР_{05}$ (Фактор А – схема посадки)		0,04	0,10	0,17	0,03
$НСР_{05}$ (Фактор В – варианты)		0,07	0,18	0,31	0,05
Поле № 4 (*Белорусский сигарный*)					
66 см × 70 см (21 500 шт/га)	1. Контроль	1,22 (**ВС**)	4,50 (**2С**)	7,50 (**ВС**)	0,60 (**3С**)
	2. Мелиорант (МКИ), 5 т/га	1,27 (**ВС**)	9,61 (**1С**)	7,00 (**ВС**)	1,38 (**1С**)
	3. МКИ+$P_{50}K_{200}$	1,32 (**ВС**)	12,73 (**ВС**)	6,40 (**ВС**)	1,99 (**ВС**)
	4. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{60}$	1,52 (**1С**)	10,23 (**1С**)	11,42 (**3С**)	0,90 (**2С**)
	5. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{90}$	1,72 (**2С**)	6,73 (**2С**)	13,33 (**3С**)	0,51 (**3С**)
	6. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$	1,92 (**3С**)	4,92 (**2С**)	16,95 (**3С**)	0,29 (**3С**)
	7. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$+ монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га	1,49 (**ВС**)	12,26 (**ВС**)	9,50 (**1С**)	1,29 (**1С**)
33 см × 70 см (43 000 шт/га)	1. Контроль	1,33 (**ВС**)	5,00 (**2С**)	7,34 (**ВС**)	0,68 (**3С**)
	2. Мелиорант (МКИ), 5 т/га	1,34 (**ВС**)	10,11 (**1С**)	6,85 (**ВС**)	1,48 (**1С**)
	3. МКИ+$P_{50}K_{200}$	1,39 (**ВС**)	14,23 (**ВС**)	6,25 (**ВС**)	2,28 (**ВС**)
	4. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{60}$	1,59 (**1С**)	10,73 (**1С**)	13,53 (**3С**)	0,79 (**2С**)
	5. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{90}$	1,76 (**2С**)	7,23 (**1С**)	14,44 (**3С**)	0,50 (**3С**)
	6. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$	1,99 (**3С**)	5,42 (**2С**)	16,80 (**3С**)	0,32 (**3С**)
	7. МКИ+$P_{50}K_{200}N_{120}$+ монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га	1,49 (**ВС**)	12,76 (**ВС**)	9,33 (**1С**)	1,37 (**1С**)
$НСР_{05}$ (Фактор А – схема посадки)		0,03	0,18	0,17	0,03
$НСР_{05}$ (Фактор В – удобрения)		0,05	0,33	0,33	0,05

сигаретный на 10,24–10,44 % (ухудшив качество табака с ВС до 3С), сорта *Белорусский сигарный* – на 10,55 % (ухудшив качество табака с ВС до 3С); на снижение Числа Шмука листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 1,40–1,61 % (ухудшив качество табака с ВС до 3С), сорта *Белорусский сигарный* – на 1,70–1,96% (ухудшив качество табака с ВС до 3С).

Внесение монокремниевой кислоты, 1 %, 4 л/га оказало достоверное влияние на снижение содержания никотина в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 1,03–1,05 % (улучшив качество табака с 3С до ВС), сорта *Белорусский сигарный* – на 0,45–0,50 % (улучшив качество табака с 3С до ВС); на увеличение содержания углеводов в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 8,09 % (улучшив качество табака с 2С до ВС), сорта *Белорусский сигарный* – на 7,34% (улучшив качество табака с 2С до ВС); на снижение содержания белков в сухих листьях табака сорта *Белорусский сигаретный* на 7,67 % (улучшив качество табака с 3С до 1С), сорта *Белорусский сигарный* – на 7,46–7,47 % (улучшив качество табака с 3С до 1С); на увеличение Числа Шмука листьев табака сорта *Белорусский сигаретный* на 0,99–1,03 % (улучшив качество табака с 3С до 1С), сорта *Белорусский сигарный* – на 1,0–1,05% (улучшив качество табака с 3С до 1С).

Выводы

1. Максимальная урожайность сухих листьев табака обыкновенного сорта *Белорусский сигаретный* (30,0 ц/га) получена при схеме посадки 33 см × 70 см (43 000 шт/га), прибавка от применения системы минеральных удобрений (МКИ + $P_{50}K_{200}N_{120}$ + Монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га) составила 6,4 ц/га (+27,1 %) к контролю. При этом содержание никотина в сухих листьях табака составило 1,40 % (ВС), содержание углеводов -12,81 % (ВС), белков – 9,83 % (1С), Число Шмука – 1,30 (1С);

2. Максимальная урожайность сухих листьев табака обыкновенного сорта *Белорусский сигарный* (28,26 ц/га) получена при схеме посадки 66 см × 70 см (21 500 шт/га), прибавка от системы применения минеральных удобрений (МКИ + $P_{50}K_{200}N_{120}$ + монокремниевая кислота, 1%, 4 л/га) составила 18,95 ц/га (20,3 %) к контролю. При этом содержание никотина в сухих листьях табака составило 1,49 % (ВС), углеводов – 12,26 % (ВС), белков – 9,50 % (1С), Число Шмука – 1,29 (1С).

3. Внесение минеральных удобрений в дозе $P_{50}K_{200}$ улучшило качество табака с 1С до ВС, это произошло за счет увеличения содержания углеводов. Применение азотных удобрений в дозе N_{120} привело к ухудшению качества полученного табачного сырья с ВС до 3С, увеличив содержание белков и снизив содержание углеводов. Внесение монокремниевой кислоты, 1 %, 4 л/га способствовало улучшению качества табака с 3С до 1С за счет увеличения содержания углеводов и снижения содержания белков.

Литература

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

2. Иовик, Л. Н. Мелиорант на основе карбидной извести / Л. Н. Иовик, Е. В. Жовнерчик, В. А. Сатишур // Патент на изобретение № 23139 от 04.08.2020 г.

3. Исследование влияния современных агрохимикатов и регуляторов роста растений на урожайность и качество табака / С. Н. Алехин, Т. В. Плотникова, Н. В. Сидорова, М. С. Щерба // Сбор. науч. труд. Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий. – 2012. – № 180. – С. 183–190.

4. Казимов, Г. А. Методы выращивания, влияющие на урожайность и рентабельность табака на полностью насыщенных почвах / Г. А. Казимов // Научное обеспечение технологического развития и повышения конкурентоспособности в пищевой и перерабатывающей промышленности : сб. матер. 3-й Межд. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2023. – С. 371–375.

5. Саломатин, В. А. Табак и табачные изделия: в 3 т. / под общ. ред. В. А. Соломатина. – Всерос. науч.-исслед. ин-т табака, махорки и табач. изделий. – Краснодар : Просвещение-Юг, 2018. – Т. 1. Табак. Агротехнология производства – 229 с.

6. Сатишур, В. А. Технология возделывания белорусских сортов табака обыкновенного / В. А. Сатишур, И. Г. Марзан, Е. В. Голубева // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання: зб. навук. прац. XI Междунар. науч. конф. – Брэст : Альтернатива, 2024. – С. 150–153.

7. Сатишур, В. А. Табак обыкновенный в мире и в Беларуси / В. А. Сатишур // Наше сельское хозяйство : журнал настоящего хозяина. – 2025. – № 22 (Агрономия). – С. 2–6.

8. Тарасенко, С. А. Возделывание табака в условиях Беларуси / С. А. Тарасенко, Ф. Н. Леонов // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 2(34). – С. 17–19.

9. Шелюто, Б. В. Хозяйственно-биологические свойства белорусских сортов табака обыкновенного / Б. В. Шелюто, В. А. Сатишур, К. Д. Михайлова // Современные технологии сельскохозяйственного производства (Агрономия, Защита растений) : матер. XXVIII Межд. науч.-практ. конф. – Гродно : ГГАУ, 2025. − С. 225–226.

10. Risk assessment, spatial distribution, and source apportionment of heavy metals in Chinese surface soils from a typically tobacco cultivated area / H. Liu, H. Wang, Y. Zhang [et al.] // Environmental science and pollution research international. – 2018. – Vol. 25, № 17. – P. 16852–16863.

SYSTEM OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND PLANTING SCHEMES FOR COMMON TOBACCO UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTH-EAST OF BELARUS

V. A. Satishur, B. V. Sheliuto

The paper presents the results of studying the systems of application of mineral fertilizers and planting schemes for common tobacco under the conditions of the north-east of Belarus. The maximum yield of common tobacco dry leaves of the Belorussky Sigaretny variety (30.0 c/ha) was obtained using the planting scheme of 33 cm × 70 cm (43000 pcs/ha); the increase from the application of the mineral fertilizers system (MKI + $P_{50}K_{200}N_{120}$ + Monosilicic acid 1 %, 4 l/ha) was 6.4 c/ha + 27.1 % compared to the control. At the same time the nicotine content in dry tobacco leaves was 1.40 % (BC), the carbohydrate content was 12.81 % (BC), the protein content was 9.83 % (1C) and the Shmuk ratio –1.30 (1C). The maximum yield of common tobacco dry leaves of the Belorussky Sigaretny variety (30.0 c/ha) was obtained using the planting scheme of 66 cm × 70 cm (21500 pcs/ha); the increase from the application of the mineral fertilizers system (MKI + $P_{50}K_{200}N_{120}$ + Monosilicic acid 1 %, 4 l/ha) was 18.95 c/ha +20.3 % compared to the control. At the same time the nicotine content in dry tobacco leaves

was 1.49 % (BC), the carbohydrate content was 12.26 % (BC), the protein content was 9.50 % (1C) and the Shmuk ratio –1.29 (1C).

УДК 661.152.5:631.559:633.853.494«324»

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЯ МИКРОСИЛ-БОР НА УРОЖАЙНОСТЬ МАСЛОСЕМЯН ОЗИМОГО РАПСА

Ф. Ф. Седляр, *кандидат с.-х. наук*
УО «Гродненский государственный аграрный университет»
(Дата поступления статьи в редакцию 09.07.2026)

Рецензент: Черепок И.А., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *Изучено влияние микроудобрения МикроСил-Бор на элементы структуры урожая и урожайность маслосемян озимого рапса. Микроудобрение МикроСил-Бор при внесении в два срока по 0,2 л/га в фазу начало бутонизации и в фазу бутонизации увеличивало по сравнению с вариантом без внесения (фон) массу 1000 семян на 0,30–0,32 г, количество стручков с растения на 4–6 шт., массу семян с одного растения на 1,98–3,28 г. В среднем за три года исследований оптимальным являлся вариант с внесением микроудобрения МикроСил-Бор в два срока по 0,2 л/га, обеспечивший урожайность маслосемян озимого рапса 47,5 ц/га, прибавку к контролю 3,8 ц/га или 8,9 %.*

Введение. Рапс является основной белково-масличной культурой многих государств мира и Беларуси. Рапсовое масло относится к диетическому по составу жирных кислот и витаминов. Рапс оказывает благоприятное влияние на экологическое состояние окружающей среды. С одного гектара посевов этой культуры выделяется в среднем 10,6 млн литров кислорода, что в 2,5 раза больше, чем с одного гектара леса. После уборки рапса остается 60 ц/га корневых остатков, что в 6–7 раз больше, чем у зерновых культур и в два раза больше, чем у клевера. Рапс является благоприятным предшественником для ячменя, озимой и яровой пшеницы, предотвращает распространение корневых гнилей и снижает поражаемость этих культур другими заболеваниями [4].

Для оптимального роста и развития растений озимого рапса наряду с главными элементами питания необходимы микроэлементы. Им принадлежит важная роль в повышении урожайности маслосемян этой культуры. Однако микроэлементы нужны растениям только в небольших количествах. Потребность в них растет в связи с применением высококонцентрированных макроудобрений, которые лучше очищены и почти не содержат примесей [2, 3].

Микроудобрение МикроСил-Бор (азот 50 г/л, бор 150 г/л, Экосил 30 мл/л) представляет собой водорастворимый концентрат, приготовленный на основе хелатов микроэлементов в органоминеральной форме с добавлени-

ем регулятора роста Экосил. Разработан РУП «Институт почвоведения и агрохимии» совместно с РУП «Институт льна» в рамках государственной программы по импортозамещению.

Экосил – регулятор роста с фунгицидной активностью растительного происхождения, получаемый из хвои пихты сибирской. Экосил вызывает активацию генетических процессов, приводит в действие гены стрессоустойчивости, синтез веществ, функцией которых является организация связей между факторами внешней среды и активностью отдельных генов или их блоков.

Микроудобрение МикроСил-Бор в композиционном составе для предпосевной обработки семян и внекорневых подкормок в соответствии с биологическими потребностями сельскохозяйственных культур оказывает комплексное стимулирующее воздействие на ростовые процессы, снижает заболеваемость растений, способствует росту урожайности и качеству растениеводческой продукции.

Существенным преимуществом удобрения в сравнении с традиционно применяемыми в Республике Беларусь составами микроудобрений, в которых в качестве хелатора использованы синтетические кислоты типа этилендиаминтетрауксусная (ЭДТА), оксиэтилидендифосфоновая (ОЭДФ), нитрилтриметиленфосфоновая (НТФ) и др., является отсутствие фитотоксичности и пестицидной токсичности в отношении растений, почвенной биоты, человека и млекопитающих.

Целью наших исследований являлось изучение влияния микроудобрения МикроСил-Бор на элементы структуры урожая и урожайность маслосемян озимого рапса.

Материалы и методика исследований. Исследования по изучению влияния доз и сроков внесения микроудобрения МикроСил-Бор на элементы структуры урожая и урожайность маслосемян озимого рапса в 2021–2023 гг. были проведены в почвенно-климатических условиях УО СПК «Путришки» Гродненского района. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, подстилаемая с глубины 0,7–1,0 м моренным суглинком. Агрохимические показатели почвы: pH KCl – 6,0–6,3, содержание P_2O_5 – 216–228 мг/кг, K_2O – 282–291 мг/кг, серы 4,5–5,0 мг/кг, бора – 0,40–0,43 мг/кг, Cu – 1,3 мг/кг, Zn – 2,5 мг/кг, Mn – 1,3 мг/кг почвы, гумуса – 2,35–2,46 %. Мощность пахотного слоя почвы 24–25 см. Для посева использовали гибрид озимого рапса НК Текник (Syngenta). Норма высева 0,6 млн всхожих семян на 1 га. Учетная площадь делянки – 20 м^2, общая площадь делянки – 36 м^2, повторность – трехкратная. Способ посева – рядовой с шириной междурядий 12,5 см. Предшественник – яровой ячмень. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа в изложении Б. А. Доспехова [1]. Микроудобрение МикроСил-Бор вносили в два срока: в начале фазы бутонизации и в фазу полной бутонизации.

Схема опыта:

Вариант 1 – $N_{30}P_{70}K_{120} + N_{120} + N_{80}$ – фон.

Вариант 2 – Фон + МикроСил-Бор – 0,10 + 0,10 л/га.

Вариант 3 – Фон + МикроСил-Бор – 0,15 + 0,15 л/га.
Вариант 4 – Фон + МикроСил-Бор – 0,20 + 0,20 л/га.
Вариант 5 – Фон + МикроСил-Бор – 0,25 + 0,25 л/га.

Погодные условия вегетационных периодов озимого рапса в годы исследований различались. Так, зимний период 2021 г. характеризовался оптимальным температурным режимом, обеспечившим хорошую перезимовку озимого рапса. Сумма выпавших атмосферных осадков в апреле, мае, июне и июле 2021 г. составила соответственно 91, 169, 56 и 133 % от среднемноголетних значений.

Погодные условия 2022 г. были вполне благоприятными для роста и развития растений озимого рапса и формирования хорошего урожая маслосемян. Самым засушливым месяцем в 2022 г. был март, за который в среднем выпало 6,4 мм осадков, что составило 17 % климатической нормы. По отношению к норме самым влажным месяцем года стал апрель – выпало 86 мм осадков или 222 % климатической нормы. Сумма осадков в июле – 104,4 мм или 117 % климатической нормы за месяц.

Зимний период 2022/2023 оказался самым влажным. За сезон выпало 187 мм осадков или 152 % климатической нормы. Наиболее благоприятным для формирования высокой урожайности рапса был 2023 г. Весной выпало 121 мм или 86 % сезонной нормы. Количество осадков за летний период соответствовало климатической норме, хотя в первые два месяца их выпало недостаточно. Благоприятные погодные условия 2023 г. оказали положительное влияние на рост и развитие растений озимого рапса и содействовали получению максимальной урожайности маслосемян в опытах.

Результаты исследований и их обсуждение. В 2021 г. микроудобрение МикроСил-Бор способствовало увеличению количества стручков на одном растении, количества семян в стручке, массы 1000 семян, массы семян с одного растения (таблица 1). Так, в варианте с внесением микроудобрения МикроСил-Бор в два срока в дозе 0,20 л/га на одном растении в среднем насчитывалось 140 стручков, что на 8 стручков больше, чем в контрольном варианте. При двукратном применении микроудобрения в дозе 0,25 л/га на одном растении насчитывалось 142 стручка, что больше чем в варианте без его внесения на 10 шт. Количество семян в стручке в этих вариантах возрастало до 24,8 шт., превышая контрольный вариант на 2,4–2,5 шт. Масса 1000 семян озимого рапса в четвертом и пятом вариантах по сравнению с контролем увеличивалась на 0,30–0,32 г и составила 4,49–4,51 г. Масса семян с одного растения достигла 15,65–15,71 г, превысив контрольный вариант на 3,28–3,34 г.

Максимальное количество стручков на одном растении 102 шт., семян в стручке – 26,2 шт., масса 1000 семян – 4,22 г и масса семян с одного растения – 11,26 г отмечены в 2022 г. в варианте с внесением МикроСил-Бор в два срока в дозе 0,20 л/га. По сравнению с вариантом без применения микроудобрений эти показатели выше на 6 шт., 2 шт., 0,21 г, 1,98 г соответственно.

Установлено, что наибольшее количество стручков в 2023 г. (159 шт.) было в варианте с двукратным применением МикроСил-Бор в дозе 0,25 л/га.

Наибольшее количество семян в стручке – 23,3 шт., масса 1000 семян – 4,21 г, масса семян с одного растения – 15,57 г отмечены в варианте с внесением МикроСил-Бор в два срока в дозе 0,20 л/га.

Таблица 1. Элементы структуры урожая и биологическая урожайность озимого рапса в зависимости от доз внесения микроудобрения МикроСил-Бор

Вариант	Количество			Масса семян, г	
	растений, шт/м^2	стручков шт/раст.	семян в стручке, шт.	1000 шт.	с 1 раст.
2021 г.					
1. Фон	35	132	22,3	4,19	12,37
2. МикроСил-Бор 0,10 + 0,10 л/га	34	132	22,7	4,31	12,94
3. МикроСил-Бор 0,15 + 0,15 л/га	33	135	22,9	4,42	13,70
4. МикроСил-Бор 0,20 + 0,20 л/га	31	140	24,8	4,51	15,65
5. МикроСил-Бор 0,25 + 0,25 л/га	31	142	24,7	4,49	15,71
2022 г.					
1. Фон	43	96	24,2	4,01	9,28
2. МикроСил-Бор 0,10 + 0,10 л/га	42	96	24,7	4,07	9,64
3. МикроСил-Бор 0,15 + 0,15 л/га	40	99	25,0	4,15	10,23
4. МикроСил-Бор 0,20 + 0,20 л/га	39	102	26,2	4,22	11,26
5. МикроСил-Бор 0,25 + 0,25 л/га	40	101	25,9	4,20	10,95
2023 г.					
1. Фон	39	155	20,9	4,12	13,38
2. МикроСил-Бор 0,10 + 0,10 л/га	40	150	21,3	4,14	13,30
3. МикроСил-Бор 0,15 + 0,15 л/га	41	152	21,1	4,15	13,27
4. МикроСил-Бор 0,20 + 0,20 л/га	37	159	23,3	4,21	15,57
5. МикроСил-Бор 0,25 + 0,25 л/га	37	160	23,0	4,20	15,54

Анализируя данные элементов структуры урожая за три года исследований, можно сделать вывод, что оптимальным является двукратное применение микроудобрения МикроСил-Бор в два срока в дозе 0,20 л/га.

Исследование влияния доз и сроков внесения микроудобрения МикроСил-Бор на урожайность маслосемян озимого рапса показали, что в 2021 г. оптимальным оказался вариант с внесением микроудобрения в два срока по 0,2 л/га, обеспечивший урожайность 45,6 ц/га, прибавка к контролю составила 4,9 ц/га или 10,7 %. В варианте с двукратным применением МикроСил-

Бор в дозе 0,25 л/га отмечена максимальная урожайность маслосемян – 45,8 ц/га, что по сравнению с вариантом без его внесения на 5,1 ц/га или 11,3 % больше (таблица 2).

Таблица 2. Урожайность маслосемян озимого рапса в зависимости от доз внесения микроудобрения МикроСил-Бор, ц/га

Вариант	Урожайность			Среднее	Прибавка к контролю	
	2021 г.	2022 г.	2023 г.		ц/га	%
1. Фон	40,7	37,9	50,1	42,9	-	-
2. МикроСил-Бор 0,10 + 0,10 л/га	41,4	38,5	51,1	43,7	0,8	1,9
3. МикроСил-Бор 0,15 + 0,15 л/га	42,5	38,9	52,2	44,5	1,6	3,7
4. МикроСил-Бор 0,20 + 0,20 л/га	**45,6**	**41,7**	**55,3**	**47,5**	**3,8**	**8,9**
5. МикроСил-Бор 0,25 + 0,25 л/га	**45,8**	**41,6**	**55,2**	**47,5**	**3,8**	**8,9**
НСР 05	2,3	1,5	1,6			

Следует отметить, что в 2022 г. максимальная урожайность маслосемян 41,7 и 41,6 ц/га получена соответственно в четвертом и пятом вариантах, превышая по этому показателю контрольный вариант на 4,0–3,9 ц/га. Сравнительный анализ данных урожайности маслосемян озимого рапса 2021 г. и 2022 г. свидетельствует об уменьшении этого показателя на 3,9 ц/га в варианте с внесением микроудобрения МикроСил-Бор в два срока по 0,20 л/га.

За годы исследований самая высокая урожайность маслосемян озимого рапса была отмечена в 2023 г. Максимальная урожайность маслосемян озимого рапса в опытах была зафиксирована в варианте с внесением микроудобрения МикроСил-Бор в два срока по 0,20 л/га и составила 55,3 ц/га. Практически на одном уровне она была и в варианте с двукратным применением МикроСил-Бор в дозе 0,25 л/га – 55,2 ц/га, что 4,1 ц/га выше, чем в варианте без его внесения.

В среднем за годы исследований наибольшая урожайность маслосемян озимого рапса отмечена в вариантах с двукратным внесением МикроСил-Бор в дозах 0,20 и 0,25 л/га и находилась на одном уровне – 47,5 ц/га. В контрольном варианте, где микроудобрения не использовали (фон) она составила 42,9 ц/га, что ниже по сравнению с лучшими вариантами на 4,6 ц/га. Оптимальным за три года исследований оказался вариант с внесением микроудобрения МикроСил-Бор в два срока по 0,2 л/га, обеспечивший урожайность маслосемян 47,5 ц/га и прибавку к контролю 3,8 ц/га или 8,9 %.

Выводы

1. Микроудобрение МикроСил-Бор при внесении в два срока по 0,2 л/га в фазу начало бутонизации и в фазу полной бутонизации увеличивало по сравнению с вариантом без его внесения количество стручков на растении на

4–6 шт., массу 1000 семян на 0,30–0,32 г, массу семян с растения на 1,98–3,28 г.

2. В среднем за период исследований оптимальным оказался вариант с двукратным внесением микроудобрения МикроСил-Бор в дозе 0,2 л/ га в фазу начало бутонизации и в фазу полной бутонизации, обеспечивший урожайность маслосемян 47,5 ц/га, прибавку к контролю 3,8 ц/га или 8,9 %.

Литература

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов / 5-е изд., доп. и перераб. – Москва, Аропромиздат, 1985. – 351 с.

2. Лапа, В. В. Использование жидких удобрений Адоб, Басфолиар и Солюбор ДФ в посевах зерновых культур, рапса и льна / В. В. Лапа, В. В. Рак // Белорусское сельское хозяйство: Ежемес. науч.-произ. журнал для работников АПК. – 2007. – № 5. – С. 37.

3. Песковский, Г.А. Эффективность применения некорневых удобрений Эколист на рапсе / Г. А. Песковский // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 60–62.

4. Пилюк, Я. Э. Научные основы селекции и технологии возделывания рапса (*Brassica napus oleifera* Metzg.) в Беларуси : дис. … доктора с.-х. наук : 06.01.05, 06.01.09 / Пилюк Ядвига Эдвардовна, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2021. – 80 с.

INFLUENCE OF THE MICROFERTILIZER MICROSIL-BOR ON THE YIELD OF WINTER RAPE OILSEEDS

F. F. Sedlyar

The influence of the MicroSil-Bor microfertilizer on the elements of the yield structure of winter rape and the yield of oil seeds was studied. The microfertilizer MikroSil-Bor applied in a dose of 0.2 l/ha at the stage of budding beginning and full budding during two periods increased the 1000-garin weight by 0.30–0.32 g, the number of pods per plant by 4–6 pcs, seed weight per plant by 1.98–3.28 g compared to the option without application. On average, over three years of the research, the optimal option turned out to be the application of the MicroSil-Bor microfertilizer in a dose of 0.2 l/ha during two periods, which ensured the oilseed winter rape yield of 47.5 c/ha and increase of 3.8 c/ha or 8.9 % to the control.

УДК 581.19:633.853.494«321»:631[53+84]:632.952

СОДЕРЖАНИЕ ГЛЮКОЗИНОЛАТОВ В СЕМЕНАХ РАПСА ЯРОВОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ СЕВА, ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И ФУНГИЦИДОВ

***С. Ю. Храмченко**, научный сотрудник, **Я. Э. Пилюк**, доктор с.-х. наук*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 14.05.2026)

Рецензент: Черепок И.А., кандидат с.-х. наук

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по изучению влияния сроков сева, доз азотных удобрений и фунгицидов различных сроков применения на содержание глюкозинолатов в семенах рапса яро-*

вого. Выявлено, что наименьшим этот показатель был при раннем (первом) сроке сева и составлял в зависимости от уровня азотного питания 14,5–16,3 мкМоль/г. Увеличение доз азотных удобрений с N_{60} до N_{120+60} при всех сроках сева оказывало существенное влияния на накопление глюкозинолатов в маслосеменах рапса ярового. Наименьшее изменение этого показателя наблюдалось при использовании фунгицидов.

Введение. Рапс является универсальной культурой по своему использованию. Наряду с переработкой на масло он широко используется на корм как высокобелковая культура. Кроме семенной продуктивности большое значение при возделывании рапса ярового имеет биохимический состав маслосемян, характеризующий пищевые и кормовые достоинства этой культуры. Возросшая популярность рапса в последние годы обусловлена, в первую очередь, достижениями селекции по созданию качественных сортов. Снижение и исключение селекционным путем из семян рапса антипитательных веществ – глюкозинолатов и эруковой кислоты – позволило использовать рапсовое масло на пищевые цели, а рапсовый шрот для кормления животных [1]. Основная работа по селекции рапса в мире велась на повышение урожайности и качества маслосемян. Широкое распространение рапс получил с созданием высококачественных сортов с низким содержанием эруковой кислоты не более 2 % и содержанием глюкозинолатов в семенах не более 25 мкмоль/г семян, которые получили название «00» типа [2, 3].

Глюкозинолаты – это особые органические соединения серы, которые содержатся в основном в растениях крестоцветных культур. Высокое содержание глюкозинолатов в семенах рапса сопровождается повышенным содержанием органических серных соединений в масле [4]. В семенах и шротах рапса присутствуют различные формы глюкозинолатов, которые легко расщепляются ферментом мирозиназой и подвергаются гидролизу, что приводит к образованию продуктов разложения, таких как изотиоционаты, нитрилы, тиоционаты, индолы и др. Продукты разложения обладают антимикробными, антифунгицидными, антибактериальными и антипитательными свойствами, некоторые могут вызывать зобогенный эффект, избирательно связывая йод и подавляя синтез гормонов щитовидной железы – тироксина и трийодтиронина. Присутствие глюкозинолатов в рапсе может оказывать негативное воздействие на здоровье человека и животных, поскольку эти соединения могут деградировать в процессе приготовления пищи и переработки. Их наличие может влиять на вкус, запах и пищевую ценность продуктов на основе рапса. [5, 6, 7]. Глюкозинолаты в основном присутствуют в рапсе и его семенах.

Целью наших исследований являлось изучение влияния сроков сева, доз азотных удобрений и фунгицидов Пиктор, КС и Титул Дуо, ККР различных сроков применения на содержание глюкозинолатов в семенах рапса ярового.

Материалы и методика исследований. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе Минской области. Почва

опытного участка дерново-подзолистая связносупесчаная, подстилаемая с глубины более 1 м моренным суглинком. Мощность пахотного горизонта 20–22 см. Основные агрохимические показатели пахотного слоя почвы: pH_{KCl} – 5,6–6,0; подвижные формы P_2O_5 – 227–250 мг/кг; K_2O – 341–395 мг/кг почвы (по Кирсанову), гумус (по Тюрину) – 2,50–2,99 %. Предшественник рапса ярового – яровые зерновые культуры. Учетная площадь делянки – 20 $м^2$, повторность 4-кратная. Норма высева 1,7 млн всхожих семян на гектар. Для посева использовали семена рапса ярового сорта Яровит. Технология возделывания рапса ярового на маслосемена – общепринятая для данной зоны [8].

Посев рапса ярового осуществляли в три срока: первый (ранний) – при прогревании почвы на +5 ºС на глубину заделки семян, последующие – спустя 14 и 28 дней после предыдущего согласно схеме опыта в таблице. На фоне $P_{60}K_{120}$ вносили азотные удобрения N_{60}, N_{120} и N_{120+60}. В предпосевную культивацию применяли N_{60} и N_{120}. Вносили дробно N_{120+60}: в предпосевную культивацию 2/3 дозы – N_{120}, в подкормку в фазу стеблевания – N_{60}. В посевах рапса ярового изучали следующие фунгициды: Пиктор, КС (0,40 л/га), Титул Дуо, ККР (0,32 л/га), которые вносили в фазу середина цветения рапса ярового (ДК 63–65) или в фазу зеленого стручка (ДК 73–75), а также при применении Пиктор, КС (0,40 л/га) в фазу желтого бутона (ДК 58–59) + Титул Дуо (0,28 л/га) в фазу зеленого стручка (ДК 73–75). Пиктор, КС (димоксистробин, 200 г/л + боскалид, 200 г/л) – системный комбинированный фунгицид. Входящие в его состав действующие вещества имеют разные механизмы действия против широкого спектра возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. Титул Дуо, ККР (пропиконазол, 200 г/л + тебуконазол, 200 г/л) – системный фунгицид, рекомендованный для борьбы с широким спектром болезней в посевах крестоцветных и других культур. Учет урожайности проводили методом сплошного обмолота комбайном Classic поделяночно с пересчетом на 100 % чистоту и 10 % влажность. Закладку опытов и статистическую обработку данных проводили согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова [9]. Оценку качества рапса на содержание глюкозинолатов проводили по методике с использованием палладиевого реактива [10].

Погодные условия за годы исследований в целом были благоприятными для возделывания рапса ярового, существенно отличались от среднемноголетних значений и между собой. Наиболее оптимальным для роста и развития этой культуры был 2020 г. Вегетационный период в 2021 г. характеризовался недостатком тепла в мае и повышенной температурой воздуха со второй декады июня – до конца июля, что оказало влияние на урожайность рапса ярового, особенно при опоздании с посевом. Погодные условия вегетационного периода 2022 г. отличались прохладной весной, избытком влаги в мае и второй половине июня и высокими положительными температурами в июле, однако в целом были благоприятными для формирования урожайности рапса ярового.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что в 2020–2022 гг. наибольшее влияние на содержание глюкозинолатов оказывают сроки сева и уровень азотного питания (таблица). Так, при первом сроке сева в

зависимости от фунгицидов и сроков их применения количество глюкозинолатов при внесении азотных удобрений N_{60} составило 13,9–15,4 мкМоль/г, при N_{120} – 14,5–16,1 мкМоль/г, а при N_{120+60} – 15,6–17,3 мкМоль/г. Выявлено, что увеличение доз внесения азотного удобрения до N_{120+60} способствует повышению содержания глюкозинолатов в среднем по вариантам опыта, обработанных фунгицидами, на 12,4 % по отношению к N_{60}.

Таблица – Влияние сроков сева, уровня азотного питания и фунгицидов на содержание глюкозинолатов в маслосеменах рапса ярового (среднее за 2020–2022 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Срок применения	Содержание глюкозинолатов, мкМоль/г		
			ранний срок посева	посев через 14 дней	посев через 28 дней
$N_{60}P_{60}K_{120}$					
Контроль	–	–	15,4	16,3	18,6
Пиктор	0,40	ДК 63–65	13,9	14,4	16,3
Титул Дуо	0,32	ДК 63–65	14,4	15,2	17,1
Пиктор	0,40	ДК 73–75	14,7	15,8	17,7
Титул Дуо	0,32	ДК 73–75	15,4	16,4	18,4
Пиктор + Титул Дуо	0,40+ 0,28	ДК 58–59 + ДК 73–75	14,0	14,6	16,5
Среднее по фунгицидам			**14,5**	**15,3**	**17,2**
$N_{120}P_{60}K_{120}$					
Контроль	–	–	16,2	18,0	19,7
Пиктор	0,4	ДК 63–65	14,5	15,9	17,9
Титул Дуо	0,32	ДК 63–65	14,7	16,2	18,5
Пиктор	0,4	ДК 73–75	15,4	17,0	19,3
Титул Дуо	0,32	ДК 73–75	16,1	17,4	19,8
Пиктор + Титул Дуо	0,4+ 0,28	ДК 58–59 + ДК 73–75	14,6	16,2	18,0
Среднее по фунгицидам			**15,1**	**16,5**	**18,7**
$N_{(120+60)}P_{60}K_{120}$					
Контроль	–	–	17,4	19,8	21,6
Пиктор	0,40	ДК 63–65	15,9	17,9	19,9
Титул Дуо	0,32	ДК 63–65	16,2	18,4	20,2
Пиктор	0,40	ДК 73–75	16,4	19,1	21,2
Титул Дуо	0,32	ДК 73–75	17,3	19,9	21,3
Пиктор + Титул Дуо	0,40+ 0,28	ДК 58–59 + ДК 73–75	15,6	18,1	19,8
Среднее по фунгицидам			**16,3**	**18,7**	**20,5**

Наименьшее влияние на количество глюкозинолатов оказали фунгициды. При обработке посевов рапса ярового препаратом Пиктор, КС (0,40 л/га) в фазу цветения содержание глюкозинолатов составило 13,9–15,9 мкМоль/г, что ниже контроля на 8,6–10,5 %, а в фазу зеленого стручка – 14,7–16,4 мкМоль/г (ниже контроля на 4,5–5,7 %) в зависимости от уровня азотного питания. При внесении фунгицида Титул Дуо, ККР (0,32 л/га) в фазу цвете-

ния количество глюкозинолатов было 14,4–16,2 мкМоль/г, что ниже контроля на 6,5–9,3 % в зависимости от уровня азотного питания. При применении препарата в фазу зеленого стручка этот показатель увеличивался в зависимости от фона азотного питания до 15,4–17,3 мкМоль/г и находился практически на уровне контрольного варианта без внесения фунгицидов.

Внесение фунгицидов Пиктор, КС (0,40 л/га, ДК 58–59) + Титул Дуо, ККР (0,28 л/га, ДК 73–75) обеспечило надежную защиту посевов рапса ярового от болезней, привело к снижению содержания глюкозинолатов по отношению к контрольному варианту на всех уровнях азотного питания: N_{60} – 14,0 мкМоль/г, N_{120} – 14,6 мкМоль/г, N_{120+60} – 15,6 мкМоль/г и было ниже контроля на 9,1, 9,9 и 10,3 % соответственно. Наименьшее количество глюкозинолатов в семенах рапса ярового в среднем за 2020–2022 гг. отмечено при внесении фунгицидов Пиктор, КС (0,40 л/га) + Титул Дуо, ККР (0,32 л/га) в фазу цветения культуры (ДК 63–65) при раннем (первом) сроке сева с внесением азотных удобрений в дозе N_{60} – 13,9 и 14,4 мкМоль/г, N_{120} – 14,5 и 14,7 мкМоль/г. При внесении фунгицидов Пиктор, КС (0,40 л/га, ДК 58–59) + Титул Дуо, ККР (0,28 л/га, ДК 73–75) этот показатель составил 14,0 мкМоль/г (N_{60}) и 14,6 мкМоль/г (N_{120}).

При посеве рапса ярового через 14 дней после раннего (первого) срока содержание глюкозинолатов в среднем в вариантах опыта, обработанных фунгицидами, составило в зависимости от доз азотных удобрений 15,3 мкМоль/г (N_{60}), 16,5 мкМоль/г (N_{120}) и 18,7 мкМоль/г (N_{120+60}), что выше на 5,5–14,7 % по сравнению с первым сроком сева. При втором сроке сева рапса ярового установлено, что увеличение доз азотных удобрений до N_{120+60} также способствует повышению содержания этого показателя в семенах в среднем по вариантам опыта, обработанных фунгицидами, на 22,2 % по отношению к N_{60}. В вариантах с применением препаратов Пиктор, КС (0,40 л/га) + Титул Дуо, ККР (0,32 л/га), внесенных в фазу цветения (ДК 63–65), количество глюкозинолатов составило 14,4 и 15,2 мкМоль/г (N_{60}), 15,9 и 16,2 мкМоль/г (N_{120}), 17,9 и 18,4 мкМоль/г (N_{120+60}), что ниже по сравнению с вариантом без внесения фунгицидов на 11,7 и 6,7 %, 11,7 и 10,0 %, 9,6 и 7,1 % соответственно. Содержание глюкозинолатов при внесении фунгицидов Пиктор + Титул Дуо в фазу зеленого стручка было 15,8 и 16,4 мкМоль/г (N_{60}), 17,0 и 17,4 мкМоль/г (N_{120}), 19,1 и 19,9 мкМоль/г (N_{120+60}). При внесении фунгицидов Пиктор, КС (0,40 л/га, ДК 58–59 + Титул Дуо, ККР (0,28 л/га, ДК 73–75) количество глюкозинолатов в зависимости от уровня азотного питания составило 14,6–18,1 мкМоль/г, что ниже контроля на 8,6–10,4 %. Наименьшее содержание глюкозинолатов при втором сроке сева отмечено при обработке посевов фунгицидам Пиктор, КС (0,4 л/га) в фазу цветения (ДК 63–65) – 14,4 мкМоль/г (N_{60}), 15,9 мкМоль/г (N_{120}) и 17,9 мкМоль/г (N_{120+60}).

При третьем сроке сева (посев рапса ярового через 28 дней после первого) количество глюкозинолатов в среднем по вариантам опыта, обработанным фунгицидами, увеличилось до 17,2 мкМоль/г (N_{60}), 18,7 мкМоль/г (N_{120}) и 20,5 мкМоль/г (N_{120+60}), что выше по сравнению с ранним (первым) сроком сева на 18,6 %, 23,8 % и 25,8 % соответственно. При внесении препарата

Пиктор, КС (0,40 л/га) в фазу цветения их содержание составило 16,3 мкМоль/г (N_{60}), 17,9 мкМоль/г (N_{120}) и 19,9 мкМоль/г (N_{120+60}), что ниже контроля на 12,4 %, 9,1 % и 7,9 % соответственно. В фазу зеленого стручка количество глюкозинолатов увеличилось до 17,7 мкМоль/г (N_{60}), 19,3 мкМоль/г (N_{120}) и 21,2 мкМоль/г (N_{120+60}). В варианте с внесением фунгицида Титул Дуо, ККР (0,32 л/га) в фазу цветения их содержание составило 17,1 мкМоль/г (N_{60}), 18,5 мкМоль/г (N_{120}) и 20,2 мкМоль/г (N_{120+60}), что ниже контрольного варианта без внесения фунгицидов на 8,1 %, 6,1 % и 6,5 % соответственно. Применение Титул Дуо, ККР (0,32 л/га) в фазу зеленого стручка по сравнению с использованием его в фазу цветения способствовало увеличению глюкозинолатов, количество которых в зависимости от уровня азотного питания находилось в пределах от 18,4 до 21,3 мкМоль/г. При внесении фунгицидов Пиктор, КС (0,40 л/га, ДК 58–59) + Титул Дуо, ККР (0,28 л/га, ДК 73–75) содержание глюкозинолатов отмечено на уровне применения Пиктор, КС (0,40 л/га) в фазу цветения и составило 16,5 мкМоль/г (N_{60}), 18,0 мкМоль/г (N_{120}) и 19,8 мкМоль/г (N_{120+60}), что ниже контрольного варианта на 11,3 %, 8,6 % и 8,3 % соответственно. Выявлено, что при позднем (третьем) сроке сева наименьшее количество глюкозинолатов (16,3 и 17,9 мкМоль/г) было получено при внесении фунгицида Пиктор, КС (0,40 л/га) в фазу цветения и при внесении 60 и 120 кг/га д.в. азота. Установлено повышение содержания глюкозинолатов в среднем в вариантах опыта, обработанных фунгицидами, на 19,2 %, при внесении 180 кг/га д.в. азота по отношению к N_{60}.

Выводы

1. На основании многолетних исследований установлено, что при раннем (первом) сроке сева рапса ярового в вариантах опыта, обработанных фунгицидами, содержание глюкозинолатов в семенах было наименьшим и составило 14,5–16,3 мкМоль/г, в зависимости от уровня азотного питания. Выявлено, что увеличение доз азотных удобрений от N_{60} до N_{120+60} при всех сроках сева оказывало существенное влияние на накопление глюкозинолатов в маслосеменах рапса ярового.

2. При внесении фунгицидов Пиктор, КС (0,4 л/га) и Титул Дуо, ККР (0,32 л/га) в фазу цветения культуры (ДК 63–65) наименьшее содержание глюкозинолатов в семенах рапса ярового было отмечено при раннем (первом) сроке сева и внесении азотных удобрений в дозе N_{60} – 13,9 и 14,4 мкМоль/г, N_{120} – 14,5 и 14,7 мкМоль/г.

Литература

1. Пилюк, Я. Э. Результаты и перспективы селекции ярового рапса на качество / Я. Э. Пилюк, В. А. Радовня, В. Н. Безлюдный, О. А. Пикун // Рапс: масло, белок, биодизель : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (25–27 сент., 2006 г., г. Жодино) / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: М. А. Кадыров (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2006. – С. 62–65.

2. Friedt W., Snowdon R. Oilseed rape // Handbook of Plant Breeding: Oil Crops. – 2009. – Vol. 4. – Pp. 91–126.

3. Buchner R. Approach to Determination of HPLC Response Factors for Glucosinolates // Glucosinolates in Rapeseeds: Analytical Aspects: Proc. of a Seminar in the CEC Program of Research on Plant Productivity, held in Gembloux (Belgium), 1–3 October 1986. – Martinus Nijhoff Publishers, 1987. – Pp. 50–58.

4. Домаш, В. И. Антипитательные вещества семян рапса и способов отбора генотипов с пониженным их содержанием / В. И. Домаш, Я. Э. Пилюк, В. Н. Безлюдный, Т. П. Шарпио, С. В. Забрейко // Рапс: настоящее и будущее. К 30-летию возделывания рапса в Беларуси : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 15–16 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию – Минск, 2016. – С. 57–61.

5. Halkier B., Gershenzon J. Biology and biochemistry of glucosinolates // Ann. Rev. Plant Biol. – 2006. – No. 57. – Pp. 303–333.

6. Daun, J. K. Glucosinolate Analysis in Rapeseed and Canola: An update // J. Jpn. Oil Chem. Soc. – 1986. – No. 35. – Pp. 426–434.

7. Fenwick G.R., Heaney R.K., Mullin W.J. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 1983. – Vol. 18 (2). – Pp. 123–201.

8. Возделывание ярового рапса на маслосемена // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разраб.: Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 380–395.

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

10. Демьянчук Г. Г. Метод определения общего содержания глюкозинолатов в семенах крестоцветных культур // Селекция и семеноводство. – 1985. – № 2. – С. 19.

GLUCOSINOLATE CONTENT IN SPRING RAPE SEEDS DEPENDING ON SOWING DATES AND DOSES OF NITROGEN FERTILIZERS AND FUNGICIDES

S. Yu. Khramchenko, Ya. E. Piliuk

The paper presents the results of the research on the influence of sowing dates, doses of nitrogen fertilizers and fungicides applied in different periods on glucosinolate content in spring rape seeds. It's identified, that this indicator is the lowest in the early (first) period of sowing and ranges from 14.5 to 16.3 μmol/g, depending on the nitrogen nutrient level. Increasing nitrogen fertilizers rate from N_{60} to N_{120+60} at all sowing dates has a significant impact on the accumulation of glucosinolate in spring rape oil seeds. The smallest change in this indicator is observed with the use of fungicides.

УДК 633.521:631.542.3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕСИКАЦИИ НА ПОЛЕГЛОМ ПОСЕВЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

С. Р. Чуйко*, ст. научный сотрудник,* ***Н. В. Степанова****, кандидат с.-х. наук,*
А. А. Зрелик*, научный сотрудник*
РУП «Институт льна», аг. Устье, Витебская обл.
(Дата поступления статьи в редакцию 15.05.2026)

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

Аннотация. *В статье приводятся результаты исследований 2024–2025 гг. по влиянию десикации товарных посевов льна-долгунца в условиях*

полегания стеблестоя на урожайность и качество льнопродукции. Применение разрешенных для льна десикантов разного химического класса на стеблестое с баллом полегания 3,0–3,6 обеспечило повышение урожайности семян на 0,6–0,7 ц/га (на 10–12 %), снижение затрат на теребление и переработку льняного вороха в поле – на 26–28 %. Достоверное повышение урожайности длинного трепаного волокна на 7–8 % и его качества – на 1 номер обеспечивали десиканты Лайфлайн, ВР, 1,3 л/га (глюфосинат аммония, 280 г/л) и Торнадо 500, ВР, 2,0 л/га (глифосата кислоты, 500 г/л).

Введение. Полегание льна-долгунца – серьезная проблема, с которой приходится сталкиваться льносеющим организациям практически ежегодно. Способность льняных стеблей сохранять вертикальное положение при внешнем воздействии зависит от жесткости их нижней части на высоте 13 см от корневой шейки (содержания в них древесины), которая повышается за счет увеличения размеров лубяных пучков, а также размеров и толщены клеточных стенок элементарных волокон [1].

Полегание льна имеет целый ряд негативных последствий. Искривление стеблей приводит к неравномерности образования лубяных пучков и элементарных волокон. На выпуклой стороне стебля формируются крупные, неправильной формы, изогнутые волокна с увеличенным внутренним просветом и одревеснением; на вогнутой стороне стебля волоконца мелкие, сжатые в радиальном направлении [2]. У полегших растений формируются щуплые с меньшим содержанием питательных веществ семена, снижается урожай волокна. Размер потерь продукции от полегания зависит от того, в какой фазе развития растений оно происходит [3].

На устойчивость льна-долгунца к полеганию оказывают влияние погодные и почвенные условия выращивания, избыточное внесение азотных удобрений [1, 4, 5]. Наиболее часто встречается стеблевое полегание растений, причиной которого является избыточное увлажнение и внесение высоких доз азота.

На полеглом посеве льна затруднена работа уборочной техники: льнокомбайнов, оборачивателей, подборщиков. При устойчивости льна к полеганию на уровне 3 баллов нормальная работа комбайнов возможна только против направления полегания растений или под некоторым углом к нему, при устойчивости 1–2 балла – комбайновая уборка практически невозможна [6].

При нестабильности и угрозе ухудшения погодных условий, либо иных факторов, прогнозирующих полегание стеблестоя и потерю урожая, рекомендуется проведение десикации сельскохозяйственных культур. Десиканты вызывают обезвоживание тканей растений, ускоряя их созревание и облегчая механизированную уборку льнопродукции, а также сокращают период приготовления тресты [7, 8].

К разрешенным для применения в посевах льна-долгунца относятся десиканты на основе гпифосата кислот, глюфосината аммония, диквата, карфентразон-этила, которые отличаются по своим химическим свойствам и механизму действия [9].

Целью исследований являлось установление эффективности проведения десикации в условиях полеглого стеблестоя льна-долгунца с применением десикантов разного химического класса.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили на опытном поле РУП «Институт льна» Оршанского района Витебской области в 2024–2025 гг. Полевой опыт был заложен согласно общепринятой методике проведения полевых опытов в 4-х кратной повторности, с общей площадью делянки 24 м^2, учетной – 12 м^2 [10]. Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва опытного участка характеризовалась обменной кислотностью 5,3, содержанием органического вещества 1,50–1,69 %, повышенным и высоким содержанием подвижных форм фосфора – 195–275, средним и повышенным калия – 147–220, низким цинка – 1,35–2,03, средним и высоким бора – 0,42–0,80, низким и средним меди – 1,27–1,61 мг/кг.

Погодные условия периода вегетации льна-долгунца в 2024 г. характеризовались как оптимальные (ГТК = 1,35), в 2025 г. – переувлажненные (ГТК = 2,03). Вылежка соломы осуществлялась в засушливых по влагообеспечению условиях (ГТК = 0,93 и 0,83 соответственно).

Посев льна-долгунца осуществлялся сеялкой Amazone D 4000 super с шириной междурядий 12,5 см и нормой высева семян 22 млн шт/га. Уход за посевами осуществлялся согласно отраслевому регламенту возделывания льна-долгунца [11] с применением против однолетних двудольных сорных растений баковой смеси гербицидов Гербитокс, 0,7 л/га + Секатор турбо, 0,06 л/га, Лорнет, 0,3 л/га, против злаковых – гербицид Миура, 1,0 л/га; против болезней – фунгицид Абакус ультра, 0,4 л/га, против вредителей – протравитель инсектицидного действия Табу, 1,0 л/га. Уборка льна осуществлялась теребление посева (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты для приготовления льнотресты. Физико-механические свойства длинного трепаного волокна и номер тресты определялись согласно действующим в стране СТБ [12, 13], полегание – перед уборкой стеблестоя [14], производственные затраты на проведение десикации и уборку льна-долгунца – согласно технологической карте [15].

Результаты исследований и их обсуждение. Эффективность применения десикации изучалась на полеглом стеблестое льна-долгунца со средним баллом полегания 3,0–3,6. Обработка стеблестоя проводилась в конце зеленой и начале ранней желтой спелости десикантами контактного действия – Лайфлайн, ВР (действующее вещество – глюфосинат аммония, 280 г/л), Голден ринг, ВР (дикват, 150 г/л), Буцефал, КЭ (карфентразон-этил, 480 г/л) и системного действия – Торнадо 500, ВР (глифосата кислоты, 500 г/л).

Причиной стеблевого полегания растений являлись шквальные ветры и избыточное выпадение осадков при большой механической нагрузке надземной массы на нижнюю часть стебля. Средняя высота растений к уборке составила в 2024 г. 75 см, в 2025 г. – 97 см.

В среднем за годы исследований на полеглом стеблестое урожайность семян в контрольном варианте составила 6,0, тресты – 58,9, волокна – 16,4 ц/га, в том числе длинного – 10,6 ц/га (таблица 1).

Применение изучаемых десикантов в рекомендуемых нормах расхода позволило сохранить урожайность семян 0,5–0,7 ц/га (8–12 %) и обеспечило положительную тенденцию к повышению урожайности общего волокна на 0,6–1,0 ц/га (на 4–6 %). Десиканты Лайфлайн, 1,3 л/га и Торнадо 500, 2,0 л/га с действующим веществом, соответственно, глюфосинат аммония, 280 г/л и глифосата кислоты, 500 г/л достоверно повышали урожайность длинного волокна на 0,7–0,8 ц/га (на 7–8 %) при повышении содержания его длинной фракции в тресте – на 0,4–0,5 %.

Таблица 1. Влияние десикантов на урожайность льнопродукции при обработке стеблестоя с баллом полегания 3,0–3,6 (среднее за 2024-2025 гг.)

Препарат, препаративная форма, норма расхода, л/га	Урожайность ц/га				Содержание волокна в тресте, %	
	семена	треста	волокно			
			общее	длинное	общее	длинное
Контроль	6,0	58,9	16,4	10,6	27,9	18,0
Буцефал, КЭ 0,15	6,6	59,8	17,0	10,9	28,3	18,1
Голден ринг, ВР 1,0	6,5	59,4	17,0	10,5	28,4	17,5
Лайфлайн, ВР 1,3	6,7	61,2	17,4	11,4	28,3	18,4
Торнадо 500, ВР 2,0	6,6	60,6	17,1	11,3	28,1	18,5
НСР $_{05}$	*0,54*	*2,2*	*1,1*	*0,65*		

При уборке полеглого стеблестоя с балом полегание 3,0–3,6 применение десикантов снижало затраты на теребление и переработку льняного вороха в поле на 26–28 % за счет снижения расхода ГСМ и времени на остановки (таблица 2). С учетом стоимости препаратов максимальное снижение затрат на уборку полеглого посева 73,37 руб/га обеспечила десикация стеблестоя с применением препарата Голден ринг, 1,0 л/га с действующим веществом дикват, 150 г/л, минимальное – 4,01 руб/га – препарата Лайфлайн, 1,3 л/га за счет его высокой стоимости.

Таблица 2. Снижение производственных затрат на проведение десикации и уборку полеглого стеблестоя льна-долгунца

Препарат, препаративная форма, норма расхода, л/га	Затраты, руб./га			
	на теребление и переработку льняного вороха	на препараты и их внесение	итого	снижение затрат
Контроль	408,49	0	408,49	–
Буцефал, КЭ, 0,15	297,48	61,78	359,26	49,23
Голден ринг, ВР, 1,0	294,24	40,88	335,12	73,37
Лайфлайн, ВР, 1,3	303,22	101,26	404,48	4,01
Торнадо 500, ВР, 2,0	299,48	55,10	354,58	53,91

Применение на полеглом стеблестое десикации оказывало положительное влияние на показатели качества стланцевой тресты и длинного трепаного волокна (таблица 3). В условиях 20224–2025 гг. средний номер тресты

в контроле составил 1,13, волокна – 9,3. Повышение качества тресты по совокупным показателям на 0,25 единиц (на 1 сортономер) обеспечили десиканты Лайфлайн, 1,3 л/га и Торнадо 500, 2,0 л/га за счет повышения содержания длинной фракции волокна в тресте и улучшения ее цвета. При этом повышалось качество длинного трепаного волокна на 1,0 номер за счет улучшения цвета волокна на 0,5 группы, его гибкости – на 11–19 % и прочности – на 6–15 %. Десикант Голден ринг, 1,0 л/га, обладающий быстрым подсушивающим эффектом, повышал средний номер тресты на 0,12 единиц (0,5 сортономера), волокна – на 0,4 номера. Буцефал, 0,15 л/га – самый медленно действующий десикант, обеспечивающий медленный отток пластических веществ растений, повышал только качество длинного волокна на 0,6 номера.

Таблица 3. Влияние десикантов на качество льносырья при обработке стеблестоя льна-долгунца с баллом полегания 3,0-3,6 (среднее за 2024-2025 гг.)

Технические характеристики объекта испытания	Препарат, препаративная форма, норма расхода, л/га				
	контроль	Буцефал, КЭ, 0,15	Голден ринг, ВР, 1,0	Лайфлайн, ВР, 1,3	Торнадо 500, ВР, 2,0
качество тресты					
Выход длинного волокна из тресты, %	18,0	18,1	17,5	18,4	18,5
Показатель цвета волокна	1,3	1,6	1,6	1,8	1,8
Число процентономеров	140,0	149,0	149,5	160,0	162,5
Номер тресты	1,13	1,13	1,25	1,38	1,38
качество длинного трепаного волокна					
Горстевая длина, см	59,4	59,7	61,0	61,5	62,0
Группа цвета	1,7	1,9	1,7	2,2	2,3
Гибкость, мм	30,5	34,9	33,2	34,0	36,4
Разрывная нагрузка, Н	174,4	185,0	179,7	199,7	184,3
Номер волокна	9,3	9,9	9,7	10,3	10,3

Заключение

При уборке полеглого стеблестоя льна-долгунца с балом полегания 3,0–3,6 применение десикации снижало затраты на теребление и переработку льняного вороха в поле на 26–28 % за счет снижения расхода ГСМ и времени на остановки.

Наибольшую сохраняемость льнопродукции обеспечивали десиканты Лайфлайн, ВР (1,3 л/га) и Торнадо 500, ВР (2,0 л/га), которые достоверно повышали урожайность семян на 0,6–0,7 ц/га (на 10–12 %), длинного трепаного волокна – на 0,7–0,8 ц/га (на 7–8 %), качество тресты – на 0,25 единиц (1 сортономер), длинного трепаного волокна – на 1 номер за счет улучшения его цвета на 0,5 группы, гибкости и прочности волокна на 11–19 % и 6–15 % соответственно.

Литература

1. Глушаков, С. Н. Агробиологические основы производства и переработки льна-долгунца: учеб. пособие / С. Н. Глушаков, И. Н. Романова. – Смоленск: ФГОУ ВПО «Смоленский сельскохозяйственный институт», 2006. – 278 с.

2. Дацюк, П. В. Оценка состояния посевов озимой пшеницы по фазам вегетации в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: метод. Указания / П. В. Дацюк, О. А. Антошина, В. И Петракова [и др.] – Рязань: Рязанский НИПТИ АПК Россельхозакадемии, 2007. – 30 с.

3. Goudenhooft, C. Flax (Linum usitatissimum L.) Fibers for Composite Reinforcement: Exploring the Link Between Plant Growth, Cell Walls Development, and Fiber Properties / C. Goudenhooft, A. Bourmaud, C. Baley // Frontiers in Plant Science. – 2019. – Vol. 10:411. – P. 1-23.

4. Адаптивное льноводство: монография / под ред. А. В. Кучумова. – Смоленск: Универсум, 2016. – 216 с.

5. Прудников, В. А. Исследования по агротехнике льна / В. А. Прудников. – Минск: Поликрафт, 2016 – 174 с.

6. Рекомендации по уборке льна и регулировке льноуборочных машин / А.И. Тарима [и др.]. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2022. – 36 с.

7. Тихомирова, В. Я. Десикация посевов льна-долгунца / В. Я. Тихомирова, Л. М. Захарова // Защита и карантин растений. – 2009. – № 7. – С. 18–19.

8. Степанова, Н. В. Сравнительный анализ действующих веществ десикантов, применяемых в товарных посевах льна-долгунца / Н. В. Степанова, А. А. Зрелик // Земледелие и растениеводство. – 2026. – № 1. – С. 55-59.

9. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / А. В. Пискун [и др.]. – Минск: ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений», 2023. – 688 с.

10. 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.

11. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. А. Прудников, Н. С. Савельев, Г. Н. Шанбанович [и др.] // Организационно-технические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, технических и кормовых растений : сб. отраслевых регламентов / РУП «НПЦ НАН Беларуси по семледелию» ; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск, 2023. – С. 391–399.

12. Треста льняная. Требование при заготовках: СТБ 1194-2007. – Взамен СТБ 1194-99; введ. 01.06.2008. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2008. – 14 с.

13. Волокно льняное трепаное длинное. Технические условия: СТБ 1195-2008. – Взамен СТБ 1195-99; введ. 01.11.2008. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2008. – 18 с.

14. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом / Б. С. Долго, И. С. Заворотченко, В. И. Ковалев [и др.]. – Торжок: НИИ льна, 1978. – 72 с.

15. Прудников, В.А. Энергетическая и экономическая оценка технологии возделывания льна-долгунца и приготовления льнотресты / В.А. Прудников, Н.В. Степанова – Устье: РУП «Институт льна», 2022. – 27 с.

EFFICIENCY OF DESICATION IN LODGED FIBER FLAX
S. R. Chuiko, N. V. Stepanova, A. A. Zrelik

This paper presents the results of the research conducted in 2024-2025 on the impact of desiccation of fiber flax under the conditions of stalk lodging on the yield and quality of flax products. The application of desiccants of various chemical classes to flax stalks with the lodging index of 3.0–3.6 provided the yield increase by 0.6–0.7 c/ha (10–12 %) and the reduction of costs for pulling and processing of flax heap in the field by 26–28 %. A reliable increase in the yield of long scutched fiber by 7–8 % and its quality by 1 number was provided by the desiccants Lifeline, WS, 1,3 l/ha (ammonium glufosinate, 280 g/l) and Tornado 500, WS, 2,0 l/ha (glyphosate acid, 500 g/l).

УДК 633.521:631.81.095.337

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХЕЛАТНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА ПОЧВЕ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ pH_{KCl} 6,2

***Н. В. Степанова**, кандидат с.-х. наук*
РУП «Институт льна», аг. Устье, Витебская область
(Дата поступления статьи в редакцию 04.05.2026)

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

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по эффективности применения хелатных микроэлементов при возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с обменной кислотностью 6,2, средним содержанием бора и марганца, низким цинка и меди. Двукратное применение цинка (150 г д.в./га), меди (75 г д.в./га), марганца (130 г д.в./га), бора (150 г д.в./га) в фазы полных всходов и «елочка» (6–8 пар развернутых листьев), обеспечивает сохранение урожайности семян 0,6–1,1 ц/га (13–23 %), волокна – 1,5–2,4 ц/га (11–17 %), в том числе длинного – 1,1–2,0 ц/га (14–26 %), тресты – 2,7–4,1 ц/га (6–8 %) и её качества – 0,5–1,5 сортономера.*

Введение. Для большинства растений благоприятные условия роста и развития складываются при слабокислой реакции почвы – pH 5,6–5,8 солевой вытяжки [1]. Физиологический оптимум кислотности почвы для льна составляет pH_{KCl} 5,0–5,5 [2, 3, 4]. Избыточное известкование почв оказывает негативное влияние на развитие льна-долгунца, так как переводит необходимые для растений элементы питания в малодоступное состояние. Несбалансированное питание приводит к глубоким изменениям обмена веществ у растений, задержке их роста или гибели [2, 5–7].

Некорневые подкормки растений хелатными микроэлементами повышают устойчивость их к болезням и стрессам, вызванным абиотическими факторами, регулируют продукционный процесс [8–12]. Хелатные микроэлементы способствуют повышению урожайности семян и волокна льна,

содержания в семенах белков и липидов, в масле – ненасыщенных жирных кислот [13–17].

Цель исследований заключалась в изучении влияния хелатных микроэлементов на урожайность и качество льнопродукции при возделывании льна-долгунца на почве с повышенным уровнем pH_{KCl} 6,2.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в северо-восточной части Республики Беларусь на опытном поле РУП «Институт льна» по общепринятой методике Б. А. Доспехова в четырехкратной повторности с площадью учетной делянки 12 $м^2$. Полевой опыт закладывался на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, характеризующейся обменной кислотностью pH_{KCl} 6,2, содержанием органического вещества 1,65 %, повышенным содержанием подвижных форм фосфора (233 мг/кг), средним калия (190 мг/кг), бора (0,7 мг/кг) и марганца (4,9 мг/кг), низким цинка (2,2 мг/кг) и меди (1,5 мг/кг).

Эффективность применения микроэлементов устанавливалась в оптимальных погодных условиях вегетации 2024 г. (ГТК = 1,35; $\sum t \geq 5$ ºС – 1331,9 ºС; $\sum$ осадков – 179,9 мм) и переувлажненных условиях – 2025 г. (ГТК = 2,03; $\sum t \geq 5$ ºС – 1469,1 ºС; $\sum$ осадков – 298,5 мм). Вылежка соломы льна-долгунца осуществлялась в засушливых по влагообеспечению условиях 2024 г. (ГТК = 0,93; $\sum t \geq 5$ ºС – 782,5 ºС; $\sum$ осадков – 72,8 мм) и 2025 г. (ГТК = 0,83; $\sum t \geq 5$ ºС – 576,5 ºС; $\sum$ осадков – 47,8 мм).

Посев льна осуществлялся комбинированным посевным агрегатом Amazone D 9 4000 super_c шириной междурядий 12,5 см, нормой высева семян 22 млн шт/га, при внесении минеральных удобрений из расчета: азота 30, фосфора 60, калия 90 д.в. Уход за посевами осуществлялся согласно отраслевому регламенту возделывания льна-долгунца [18]. Против однолетних двудольных сорных растений применялась баковая смесь гербицидов Гербитокс, ВРК (0,7 л/га) + Секатор турбо, МД (0,06 л/га) + Лорнет, ВР (0,3 л/га), против злаковых – гербицид Миура, КЭ (1,0 л/га); против болезней – фунгицид Абакус ультра, СЭ (0,4 л/га), против вредителей – протравитель фунгицидного действия Табу, ВСК (1,0 л/га). Уборка льна осуществлялась теребление посева (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ленты для приготовления льнотресты. Физико-механические свойства длинного трепаного волокна и номер тресты определялись согласно действующим в стране СТБ 1194–2007 и 1195–2008.

На почве с повышенным уровнем обменной кислотности pH_{KCl} 6,2 эффективность хелатных микроэлементов в посевах льна-долгунца изучалась при использовании однокомпонентных хелатных микроудобрений Хелатем, П ЭДТА марок Zn (1,0 кг/га), Cu (0,5 кг/га), Mn (1,0 кг/га) (оригинатор – ОАО "Буйский химический завод", Россия); МикроСтим-Бор, ВРК (1,0 л/га) (оригинатор – РУП «Институт почвоведения», Беларусь).

Результаты исследований и их обсуждение. В полевом опыте хелатные микроэлементы применялись в фазы полных всходов льна-долгунца (ДК ВВСН 10 по К. Хеллеру) и «елочка» при 6–8 парах раскрытых листьев (ДК ВВСН 16–18), что соответствовало началу периода быстрого роста растений.

В среднем за годы исследований в контрольном варианте без обработки растений микроэлементами урожайность семян составила 4,8, тресты – 49,0, волокна – 14,0 ц/га, в том числе длинного – 7,7 ц/га (таблица 1). При обработке растений хелатными микроэлементами в фазе полных всходов достоверная прибавка семян 0,5–0,7 ц/га (10–15 %) получена в вариантах с цинком в дозе 150 г/га д.в. и медью в дозе 75 г/га д.в. Урожайность общего и длинного волокна достоверно повышалась во всех вариантах опыта на 1,0–1,8 ц/га (на 7–13 %) и 1,0–1,5 ц/га (на 13–19 %) соответственно.

Двукратная обработка посевов изучаемыми микроэлементами в фазы полных всходов и «елочка» по сравнению с контролем повышала урожайность семян на 0,6–1,1 ц/га (на 13–23 %), волокна – на 1,5–2,4 ц/га (на 11–17 %), в том числе длинного – на 1,1–2,0 ц/га (на 14–26 %); по сравнению со сроком применения в фазе полных всходов соответственно: семян – на 0,3–0,6 ц/га (на 6–12 %), общего волокна – на 0,4–0,6 ц/га (на 3–4 %), а также длинного – на 0,3–0,6 ц/га (на 3–7 %), кроме варианта с применением хелатного бора, который обеспечил урожайность длинного волокна на уровне обработки в фазе всходов. Максимальные прибавки семян 23 %, волокна 17 %, в том числе длинного 26 % обеспечила двукратная внекорневая обработка растений льна в фазы всходов и «елочка» хелатным цинком в дозе 150 г/га д.в.

Таблица 1. Влияние хелатных микроэлементов на урожайность льнопродукции при возделывании льна-долгунца на почве с pH_{KCl} 6,2 (среднее за 2024–2025 гг.)

Микроэлемент, норма расхода, г/га д.в. (фактор А)	Урожайность, ц/га				Удельный вес длинного волокна, %
	семена	треста	волокно		
			общее	длинное	
Контроль	4,8	49,0	14,0	7,7	55,0
Обработка растений в фазе полных всходов (ДК ВВСН 10) (фактор Б)					
Zn, 150	5,5	52,5	15,8	9,2	58,2
Cu, 75	5,3	51,6	15,1	8,8	58,3
Mn, 130	5,0	51,1	15,3	8,7	56,9
B, 150	5,0	50,3	15,0	8,7	58,0
Обработка растений в фазы всходы + «ёлочка» (ДК ВВСН 10 + 16-18)					
Zn, 150	5,9	53,1	16,4	9,7	59,0
Cu, 75	5,6	52,4	15,7	9,4	59,9
Mn, 130	5,4	51,7	15,7	9,0	57,3
B, 150	5,6	51,7	15,5	8,8	56,8
$НСР_{05}$ (А)	*0,45 (0,29-0,61)*	*1,9 (1,8-2,0)*	*0,80 (0,79-0,81)*	*0,56 (0,47-0,65)*	
$НСР_{05}$ (Б)	*0,25 (0,13-0,37)*	*0,60 (0,53-0,67)*	*0,40 (0,35-0,45)*	*0,26 (0,20-0,31)*	

Микроэлементы стимулировали закладку и формирование волокна в стеблях, о чем свидетельствует повышение удельного веса длинной фракции волокна в общем на 2–5 %.

Качество стланцевой тресты оценивается номерами от 0,50 до 4,00, которые определяются по числу процентономеров, складывающихся из выхода длинного волокна и его поправки по цвету, при цене одного сортономера 0,25 единиц.

В среднем за годы исследований номер тресты повышался на 0,13–0,25 единиц (на 0,5–1 сортономер) при обработке растений в фазе полных всходов хелатными цинком и медью (таблица 2). При двукратном применении изучаемых микроэлементов качество тресты повышалось на 0,13–0,38 единиц (на 0,5–1,5 сортономера) во всех вариантах опыта.

Таблица 2. Влияние хелатных микроэлементов на качество льняной стланцевой тресты при возделывании льна-долгунца на почве с pH_{KCl} 6,2 (среднее за 2024–2025 гг.)

Вариант	Технические характеристики объекта испытания				
	отделяемость волокна, ед.	выход длинного волокна из тресты, %	показатель цвета волокна	число процентономеров	номер тресты
Контроль	5,4	15,8	1,3	128,0	1,00
Обработка растений в фазе полных всходов (ДК ВВСН 10)					
Zn, 150	5,2	17,5	1,8	152,0	1,25
Cu, 75	5,0	17,0	1,5	141,0	1,13
Mn, 130	5,2	17,0	1,3	133,0	1,00
B, 150	5,4	17,3	1,4	135,5	1,00
Обработка растений в фазы всходы + «ёлочка» (ДК ВВСН 10 + 16–18)					
Zn, 150	5,1	18,3	1,7	156,5	1,38
Cu, 75	5,0	17,8	1,7	149,5	1,25
Mn, 130	5,1	17,3	1,5	142,5	1,13
B, 150	5,1	17,0	1,5	141,0	1,13

Номер длинного трепаного волокна зависит от комплекса физико–механических свойств (горстевой длины, цвета, гибкости, разрывной нагрузки) и при его выведении низкие значения одного показателя могут быть компенсированы высокими значениями другого [19]. В среднем за годы исследований применение хелатных микроэлементов повышало качество длинного трепаного волокна на 0,5–1,2 номера и практически не зависело от срока их внесения (таблица 3). Улучшению качества способствовало повышение горстевой длины волокна на 7–14 %, гибкости – на 13–35 %. Максимальный средний номер волокна 9,5 установлен при двукратной некорневой обработке растений хелатным цинком в дозе 150 г д.в./га.

Заключение

При возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой почве с повышенным уровнем pH_{KCl} 6,2, средним содержанием бора и марганца, низким цинка и меди целесообразно двукратное применение хелатных микроэлементов цинка (150 г/га), меди (75 г/га), марганца (130 г/га) в фазы всходы

Таблица 3. Влияние хелатных микроэлементов на качество длинного трепаного волокна при возделывании льна-долгунца на почве с pH_{KCl} 6,2 (среднее, 2024–2025 гг.)

Вариант	Физико-механические свойства волокна				Номер волокна
	горстевая длина, см	группа цвета	гибкость, мм	разрывная нагрузка, Н	
Контроль	51,8	1,8	27,5	161,5	8,3
Обработка растений в фазе полных всходов (ДК ВВСН 10)					
Zn, 150	59,0	2,0	33,8	167,0	9,3
Cu, 75	57,5	1,8	31,0	174,3	9,0
Mn, 130	56,0	1,8	31,0	163,8	8,8
B, 150	55,5	1,8	37,0	163,3	8,8
Обработка растений в фазы всходы + «ёлочка» (ДК ВВСН 10 + 16-18)					
Zn, 150	59,3	2,0	34,0	170,3	9,5
Cu, 75	57,0	2,0	31,5	164,8	9,0
Mn, 130	56,5	1,8	32,8	167,8	9,0
B, 150	56,0	1,8	32,5	163,3	8,8

и «елочка» (6–8 пар развернутых листьев) при сохранении урожайности семян 0,6–1,1 ц/га (13–23 %), волокна – 1,7–2,4 ц/га (12–17 %), в том числе длинного – 1,3–2,0 ц/га (17–26 %), качества стланцевой тресты – 0,5–1,5 сортономера, длинного трепаного волокна – 0,7–1,2 номера. Двукратное применение хелатного бора (150 г/га) по сравнению с однократным повышало только урожайность семян на 0,6 ц/га (на 12 %), но не влияет на урожайность и номер длинного волокна. Максимальные прибавки семян 23 %, волокна – 17 %, в том числе длинного – 26 %, а также лучшее качество стланцевой тресты 1,38 номера и длинного трепаного волокна 9,5 номера обеспечила двукратная листовая подкормка льна-долгунца хелатным цинком в дозе 150 г д. в./га.

Литература

1. Кедров-Зихман, О. К. Главные итоги изучения известкования почв и применения микроудобрений в Белоруссии / О. К. Кедров-Зихман // Сборник научных трудов по известкованию дерново-подзолистых почв: науч. тр. / Акад. с-х наук БССР. – Минск, 1960. – С. 17–33.

2. Прудников, В. А. Лён-долгунец в условиях интенсивного известкования / В. А. Прудников // Наше сельское хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 36–38.

3. Прудников, В. А. Исследования по агротехнике льна / В. А. Прудников. – Минск: Поликрафт, 2016. – 174 с.

4. Прудников, В. А. Проблемы кальциевого хлороза льна-долгунца / В. А. Прудников, П. А. Евсеев, Д. А.Белов // Льноводство: реалии и перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Устье, 27–28 июня 2013 г. / РУП «Институт льна»; редкол.: В. А. Прудников [и др.]. – Могилев, 2013. – С. 127–133.

5. Bear, F. Jnfluence of calcium on availability of other soil cations / F. Bear, S. Toth // Soil sei. 1998. – V. 65 - № 1. – P. 69–74.

6. Backe, B. The effects of pH on absorption and desorption of potassium in a granitic soil / B. Backe, Z. Varbanova // J.Sc.Food Agr. – 1995. – V. 26. – № 6. – P. 855–860.

7. Тихомирова, В. Я. Опасность для льна-долгунца очагового переизвесткования почвы и способы её ослабления / В. Я. Тихомирова // Вопросы известкования почв: сб. тр. / ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова; под ред. И. А. Шильникова, Н. И. Акановой. – М., 2002. – С. 192–194.

8. Широков, С. Г. Разработка и освоение энерго- и ресурсосберегающе техгологии синтеза жидких микроудобрений в хелатной форме и жидких макро-NPK-удобрений с микроэлементами в хелатной форме / С. Г. Широков [и др.] // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы Междунар. науч.-технич. конф., посвящ. 75-летию БГТУ, Минск, 16–18 нояб. 2005 г. – Минск, 2005. – Ч. 1. – С. 328–332.

9. Пукалова, Е. Н. Эффективность применения микроудобрений при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Е. Н. Пукалова, М. В. Рак // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2 (57). – С. 99–106.

10. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования / Е. Ю. Гейгер, Л. Д. Варламова, В. В. Семенов [и др.] // Агрохимический вестник. – 2017. – № 2 – С. 29–32.

11. Жарких, О. А. Влияние хелатных препаратов на урожай льна-долгунца и качество льнопродукции / О. А. Жарких, И. И. Дмитревская, С. Л. Белопухов // Плодородие. – 2021. – №. 4 (121). – С. 19–22.

12. Жарких, О. А. Влияние новых хелатных препаратов на урожайность и качество продукции льна в условиях центрального района Нечерноземной зоны России / Жарких Ольга Андреевна: автореф. … дис. канд. биол. наук, 06.01.04 – Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева. Москва, 2022. – 21 с.

13. Овсеенко, Л. Микроудобрения для макроэффекта / Л. Овсеенко, Л. Гомолко // Наука и инновации. – 2020. – №5 (207). – С. 41–44.

14. Современные хелатные препараты при возделывании льна-долгунца и льна масличного / Н. В. Цирульникова, Т. С. Фетисова, Т. С. Чайка [и др.] // Агрохимический вестник. – 2022. – № 1 – С. 45–50.

15. Жарких, О. А. Применение новых хелатных препаратов на льне масличном / О. А. Жарких, И. И. Дмитревская, С. Л. Белопухов // Известия ТСХА. – 2021. – Вып. 4. – С. 30–40.

16. Лыбенко, Е. С. Изучение влияния хелатных форм меди, цинка и бора на семенную продуктивность льна масличного в условиях Кировской области / Е. С. Лыбенко, А. А. Хлопов, Е. Л. Титова // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 1 (100). – С. 87–92.

17. Рак, М. В. Влияние борных удобрений на урожайность и качество семян льна масличного в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором / М. В. Рак, Е. Н. Барашкова // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 1. – С. 213–220.

18. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. А. Прудников, Н. С. Савельев, Г. Н. Шанбанович [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, технических и кормовых растений: сб. отраслевых регламентов, / Науч. практ. центр НАН Беларуси по земледелию»; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск, 2023. – С. 391–399.

19. Оценка неопределенности при измерении разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна / А. С. Дягилев, И. А. Петюль, А. Н. Бизюк [и др.] // Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 6 (366). – С. 69–74.

EFFICIENCY OF CHELATED MICROELEMENTS IN CULTIVATION OF FIBER FLAX ON SOILS WITH INCREASED pH_{KCl} 6,2

N. V. Stepanova

The paper presents the results of the research on the efficiency of using chelated microelements when cultivating flax on sod-podzolic medium loamy soil with exchangeable acidity of 6.2, average content of boron and manganese and low content of zinc and copper. Double application of zinc (150 g /ha), copper (75 g/ha), manganese (130 g/ha), boron (150 g/ha) at the full germination and "herringbone" stages (6–8 pairs of unfolded leaves) ensures saving 0.6–1.1 c/ha (13–23 %) of seed yield, 1.5–2.4 c/ha (11–17 %) of fibre, including 1.1–2.0 c/ha (14–26 %) of long fiber, 2.7–4.1 c/ha (6–8 %) of retted straw and 0.5–1.5 of its quality.

УДК 631.811.1:631.816.12:633.854.54

ВЛИЯНИЕ ДОЗ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

С. В. Копылович, *аспирант*
РУП «Институт льна», аг. Устье, Витебская область
(Дата поступления статьи в редакцию 15.05.2026)

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. *Азот является основным элементом роста растений, влияющим на формирование их вегетативной массы, образование хлорофилла и белков. В статье представлены результаты исследований по влиянию дозы минерального азота на урожайность льна-долгунца при возделывании его на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. При содержании в почве 1,7–1,9 % органического вещества в оптимальных (ГТК 2024 г. – 1,41) и переувлажненных (ГТК 2025 г. – 2,25) условиях вегетации оптимальной дозой азотного удобрения установлено 30 кг д. в./га с получением урожайности семян 9,6 ц/га, стланцевой тресты – 70,2 ц/га, общего волокна – 20,2 ц/га, в том числе длинного трепаного – 13,4 ц/га. Доза азота 40 кг д. в./га снижала урожайность семян на 7–27 %, волокна – на 6–7 %, в том числе длинного – на 6–10 %.*

Введение. Лен-долгунец является стратегической технической культурой для Беларуси, из которого получают три вида сырья для промышленности: семена, волокно, костру. В настоящее время главной задачей для льняного подкомплекса является создание конкурентоспособной отечественной сырьевой базы для перерабатывающих предприятий [1]. Основными проблемами факторами в выращивании льна-долгунца для льносеющих организаций является низкая урожайность и качество тресты, а также получаемого из нее волокна, и, как следствие, убыточность его производства [2]. Для получения высоких урожаев и качества льнопродукции необходимо соблюдать все элементы технологического процесса возделывания и уборки льна-долгунца, рекомендуемые наукой и передовым производственным опытом, в том числе связанные с системой питания растений.

Азот является элементом роста для растений, регулирующим обменные процессы от синтеза хлорофилла до усвоения витаминов, а также формирование корневой системы и вегетативной массы [3–4]. Внесение азота для льна-долгунца осуществляется под весеннюю культивацию или предпосевную обработку почвы при использовании азотных удобрений: сульфата аммония ($(NH_4)_2SO_4$), мочевины ($(CO(NH_2)_2$), нитроаммофоски ($N_6P_{16}K_{16}$), нитрофоски ($N_{12}P_{12}K_{12}$), аммофоса ($N_{12}P_{48}$), КАС ($N_{30,\ 32}$), комплексных удобрений ($N_6P_{21}K_{32}$, $N_7P_{15}K_{29}$, $N_5P_{16}K_{35}$).

Лен-долгунец не требует большого количества минерального азота. Недостаток его приводит к недобору урожая и снижению себестоимости льнопродукции, а избыток – к наращиванию биомассы в ущерб образованию волокна [5–6]. Установлено, что нитратный азот сильнее увеличивает урожайность льна, чем аммиачный и амидный, но при этом оказывает более негативное воздействие на качество волокна [3]. В формировании прибавки урожайности льна в составе полного минерального удобрения на азот приходится наибольшее долевое участие – около 40 %, на фосфор и калий – 33 и 27 % соответственно [4]. Эффективность азотных удобрений зависит от уровня плодородия и гранулометрического состава почвы, погодных условий вегетационных периодов [7–8].

Цель исследований заключалась в установлении влияния доз минерального азота на урожайность льнопродукции при возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

Материалы и методика исследований. Объектом исследований являлись растения среднеспелого сорта льна-долгунца Алтын, выращенные в полевых условиях 2024–2025 гг. на опытном поле РУП «Институт льна» Оршанского района Витебской области. Полевые опыты закладывали согласно общепринятой методике в четырехкратной повторности с площадью общей делянки 12 $м^2$, учетной – 10,5 $м^2$ [9]. Пахотный слой дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы опытного участка, подстилаемой моренным суглинком с глубины до 1 метра, характеризовался оптимальной для льна обменной кислотностью – pH_{kcl} 5,5–5,9, , повышенным и высоким содержанием подвижных форм фосфора – 253–310 мг/кг, средним и высоким содержанием калия – 160–369 мг/кг почвы, содержанием органического вещества 1,7–1,9 %.

Вегетационный период льна-долгунца в 2024 г. характеризовался как оптимальный с гидротермическим коэффициентом (ГТК) 1,41 (сумма атмосферных осадков – 212,6 мм, сумма активных температур – 1505,0 ºС), 2025 г. – переувлажненный (ГТК –2,25) (сумма осадков – 326,3 мм, сумма активных температур – 1453,4 ºС). Межфазный период льна «всходы – цветение» в 2024 г. проходил в условиях засухи (ГТК – 0,91), в 2025 г. – в условиях избыточного увлажнения (ГТК – 2,49). Условия влагообеспеченности в период созревания льна определяет 50 % урожая [10]. В 2024 г. период созревания протекал в оптимальных (ГТК – 1,59), в 2025 г. – в переувлажненных (ГТК – 1,93) по влагообеспеченности условиях.

Посев льна-долгунца проводился сеялкой точного высева WINTERSTELGER PLOTSEED XL при норме высева семян 22 млн шт/га, ширине междурядий 10 см. Защитные мероприятия посевов проводились согласно отраслевому регламенту по возделыванию льна-долгунца [11]: против сорной растительности применяли баковую смесь гербицидов Гербитокс, ВК, 0,7 + Секатор турбо, МД, 0,1 л/га (фаза «ёлочка»), Миура, КЭ, 1,0 л/га (через 7 дней); против льняной блохи – Брейк, МЭ, 0,07 л/га, против болезней – Абакус ультра, СЭ, 0,5 л/га.

Азотное удобрение вносилось в виде КАС–32, содержащего амидную, аммонийную и нитратную форму азота, в дозах 20, 25, 30, 35, 40 кг д.в./га на фоне фосфорно-калийного питания $P_{42}K_{64}$. Уборка льна включала теребление стеблестоя в фазе ранней желтой спелости (ТЛН-1,5 + МТЗ-320) с последующим ручным обмолотом коробочек и расстилом соломы в ленты.

Развитие болезней в посевах и полегание стеблестоя льна-долгунца определялось перед уборкой [12–13]. Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась с помощью программы Excel-2016.

Результаты исследований и их обсуждение. Дозы минерального азота в диапазоне 0–40 кг д.в./га изучали в товарных посевах льна-долгунца при двойном использовании на семена и волокно.

Азотное питание совместно с погодными условиями вегетации оказывает сильное влияние на развитие в посевах болезней. Высокие дозы азотных удобрений и увеличение содержания азота в стеблях льна стимулируют образование труднорастворимых форм пектинов, что затрудняет отделяемость костры от волокна и снижает его номер [14], а также вызывает обводненность тканей растений, уменьшение толщины кутикулы и оболочки клетки, что облегчает проникновение возбудителей болезней в ткани растений [15].

Увеличение дозы минерального азота с 20 до 35–40 кг д.в./га существенно повышало развитие септориоза у льна-долгунца, вызываемого несовершенным грибом *Septoria linicola (Speg.) Gar.*: в оптимальных погодных условиях вегетации 2024 г. на 7–13 %, в условиях избыточного увлажнения 2025 г. – на 10–24 %. Развитие антракноза и фузариозного увядания растений в зависимости от дозы минерального азота изменялось незначительно и варьировало в условиях 2024 г. в пределах 4–5 и 4–7 %, в 2025 г. – 11–15 и 4–5 % соответственно.

В среднем за годы исследований на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, содержащей 1,7–1,9 % органического вещества, без внесения азота урожайность семян составила 6,2 ц/га (рисунок 1). Внесение 20–25 кг д.в./га азота достоверно повышало урожайность семян на 1,5–2,7 ц/га (на 24–43 %) в сравнении с контролем. Максимальную урожайность семян обеспечило внесение дозы минерального азота 30 кг д.в./га – 9,6 ц/га, что на 3,4 ц/га (на 55 %) больше, чем в контрольном варианте. Дальнейшее повышение дозы минерального азота до 35–40 кг д.в./га снижало урожайность семян на 0,7–2,6 ц/га (на 7–27 %).

Стланцевая треста – это стебли льна-долгунца, в которых в результате биологического, химического или физическо-химического воздействия на-

рушена связь лубяных пучков с окружающими тканями [16]. Льняная треста приготавливается биологическим методом росяной мочки, основанном на жизнедеятельности микроорганизмов, путем расстила в поле. Так как азот является основным элементом роста для формирования высоты и вегетативной биомассы растений внесение минерального азота в дозах 20–40 кг д.в./га по отношению к контролю достоверно повышало урожайность тресты на 3,1–6,1 ц/га (на 5–9 %) (рисунок 2). В среднем за годы исследований для получения максимальной урожайности тресты достаточно было внесения 30 кг д.в./га азота. Увеличение дозы с 30 до 35–40 кг д.в./га не обеспечивало повышения урожайности тресты, но провоцировало полегание стеблестоя. В 2025 г. стеблевое полегание растений составило 2,3–2,5 баллов при их средней высоте 79–83 см.

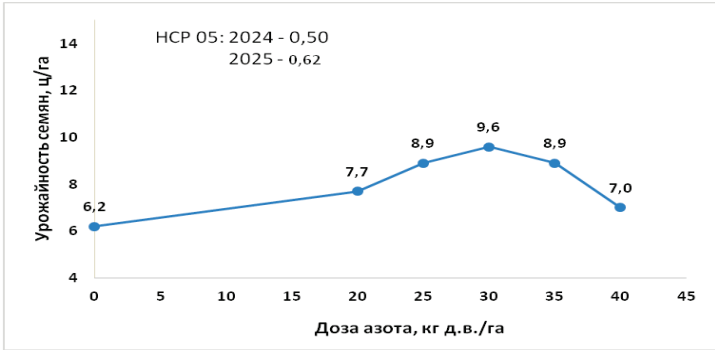


Рисунок 1. Влияние доз минерального азота на урожайность семян льна-долгунца (среднее за 2024–2025 гг.)

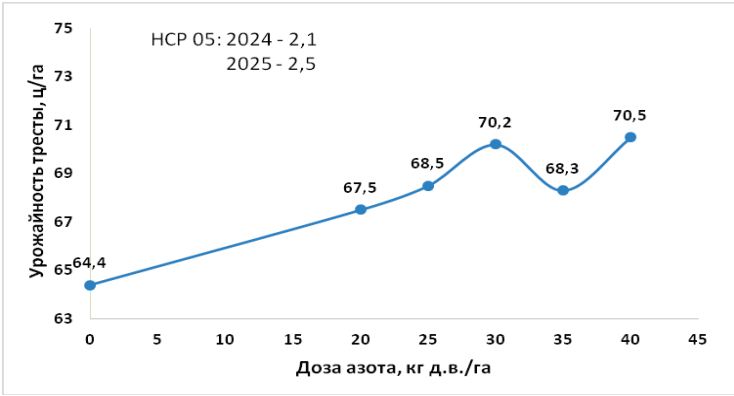


Рисунок 2. Влияние доз минерального азота на урожайность стланцевой льняной тресты (среднее за 2024–2025 гг.)

Основная продукция товарных посевов льна-долгунца – это льняное волокно, качество которого должно соответствовать стандартным образцам и требованиям СТБ 1195-2008. Средняя за 2024–2025 гг. исследований урожайность общего волокна без внесения азотного удобрения составила 17,7 ц/га, в том числе длинного – 11,2 ц/га (рисунок 3). Внесение 20–25 кг д.в./га азота обеспечило достоверное повышение урожайности общего волокна на 1,2–1,4 ц/га (на 7–8 %), в том числе длинного – на 1,2–1,7 ц/га (на 11–15 %). Доза азота 30 кг д.в./га обеспечила максимальную урожайность общего и длинного волокна 20,2 и 13,4 ц/га с прибавкой к контрольному варианту без внесения азотных удобрений 2,5 ц/га (14 %) и 2,2 ц/га (20 %) соответственно. Дальнейшее повышение дозы минерального азота до 35–40 кг д.в./га по отношению к дозе 30 кг д.в./га снижало урожайность общего волокна на 1,2–1,4 ц/га (6–7 %), в том числе длинного – на 0,8–1,4 ц/га (6–10 %). Снижение урожайности волокна происходило за счет снижения содержания в тресте длинной и общей фракций волокна на 3–12 и 4–6 %, соответственно, а также полегания стеблестоя.

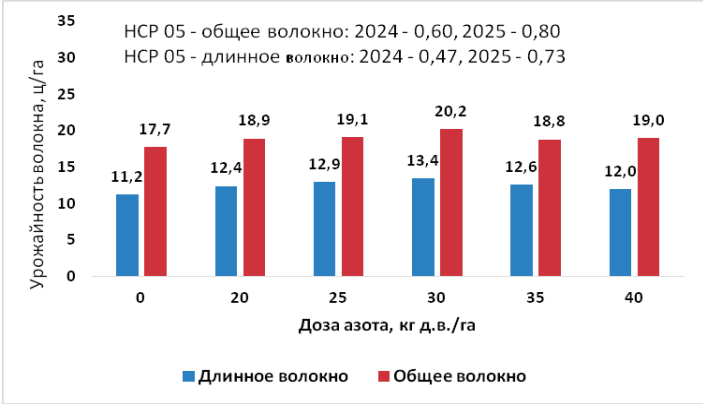


Рисунок 3. Влияние доз минерального азота на урожайность волокна льна-долгунца (среднее за 2024–2025 гг.)

Заключение

При возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой почве с содержанием 1,7–1,9 % органического вещества в оптимальных условиях вегетации 2024 г. и переувлажненных 2025 г. оптимальной дозой азотного удобрения была 30 кг д.в./га, обеспечивающая получение максимальной урожайности семян 9,6 ц/га, стланцевой тресты – 70,2 ц/га, общего волокна – 20,2 ц/га, в том числе длинного трепаного – 13,4 ц/га.

Повышение дозы минерального азота до 40 кг д. в./га провоцировало стеблевое полегание посевов и снижало урожайность семян на 0,7–2,6 ц/га

(на 7–27 %), волокна – на 1,2–1,4 ц/га (на 6–7 %), в том числе длинного – на 0,8–1,4 ц/га (на 6–10 %) по отношению к дозе азота 30 кг д. в./га.

Литература

1. Лен и конопля: зонально-адаптивные сорта и технологии производства / В. П. Понажев, Т. А. Рожмина, Л. Н. Павлова [и др.]. – Тверь : Тверской гос. ун-т, 2014. – 324 с.

2. Кожановский, В. А. Основные направления повышения эффективности возделывания и первичной обработки льна в сельскохозяйственных организациях Беларуси / В. А. Кожановский // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 4. – С. 7–12.

3. Попова, Г. А. Оценка сортообразцов льна по марфологическим показателям / Г. А. Павлова, А. П. Крепков // Селекция, семеноводство, агротехника, экномика и первичная обработка льна-долгунца : научные труды ВНИИЛ. – Торжок, 2002. – Вып. 30, Т. 1. – С. 22–25.

4. Державин, Л. М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии / Л. М. Державин. – М.: Колос, 1992. – 272 с.

5. Прудников, В. А. Исследования по агротехнике льна / В. А. Прудников. – Минск: Поликрафт, 2016 – 174 с.

6. Эффективность азотного удобрения при возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой связносупесчаной почве / В. А. Прудников, Н. В. Степанова, Д. П. Чирик [и др.] // Земледелие и растениеводство. – 2021. – № 2 (135). – С. 48–51.

7. Прудников, В. А. Влияние азотного удобрения на урожайность льна-долгунца / В. А. Прудников // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 4. – С. 23–25.

8. Адаптивное льноводство: монография / под ред. А. В. Кучумова. – Смоленск: Универсум, 2016. – 216 с.

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

10. Налиухин, А. Н. Почвенная диагностика азотного питания льна-долгунца / А. Н. Налиухин // Агрохимия. – 2016. – № 7. – С. 24–25.

11. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы / В. А. Прудников, Н. С. Савельев, Г. Н. Шанбанович [и др.] // Организационно-технические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, технических и кормовых растений : сб. отраслевых регламентов / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» ; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск, 2023. – С. 391-399.

12. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / А. Г. Жуковский, Н. А. Крупенко, С. Ф. Буга [и др.] ; под. ред. А. Г. Жуковского, Н. А. Крупенко, С. Ф. Буга. – Минск : Колорград, 2024. – 462 с.

13. Оценка состояния посевов озимой пшеницы по фазам вегетации в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / П. В. Дацюк, О. А. Антошина, В. И. Петракова, В. З. Веневцева. – Рязань, 2007. – 38 с.

14. Соболев, М. А. Химия льна и лубоволокнистых материалов / М. А. Соболев. – Минск: Изд-во науч.-технич. Лит. Лег. пром. «Гизлепром», 1963. – 142 с.

15. Абушинова, Е. В. Продуктивность семян льна масличного в зависимости от применения азотных удобрений на дерново-карбонатных почвах в условиях Ленинградской области: дис. … канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Абушинова Елизовета Владимировна; ФГБОУ ВО СПбГАУ. – Санкт-Петербург, 2018. – 142 л.

16. Треста льняная. Требования при заготовках: СТБ 1194-2024. – Взамен СТБ 1194-2007; введ. 01.06.2025. – Минск: Госстандарт: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2024. – 14 с.

EFFECT OF MINERAL NITROGEN DOSES ON FLAX YIELD
S. V. Kopylovich

Nitrogen is the main element for plants growth, affecting the formation of their vegetative mass, chlorophyll and proteins. The article presents the results of the research on the effect of mineral nitrogen doses on the yield of fiber flax when it is cultivated on sod-podzolic medium-loamy soil. With the content of 1.7–1.9 % of organic matter in soil under optimal (HTC 2024 – 1,41) and waterlogged (HTC 2025 – 2.25) vegetation conditions, the optimal dose of nitrogen fertilizer was established to be 30 kg of active ingredient/ha with the seed yield of 9.6 c/ha, dew retted straw –70.2 c/ha, total fiber – 20.2 c/ha, including scutched fibre – 13.4 c/ha. The nitrogen dose of 30–40 kg/ha reduced seed yield by 7–27 %, fiber yield by 6–7 % and long fiber yield by 6–10 %.

УДК 633.31:631.526.32:631.531.048

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КОРМОВЫЕ ДОСТОИНСТВА СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ ПОСЕВНОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НОРМАХ ВЫСЕВА СЕМЯН

С. В. Кравцов, А. А. Боровик, Н. Ф. Надточаев, Г. Н. Кот, И. А. Черепок,
кандидаты с.-х. наук, ***М. А. Мелешкевич, Н. С. Степаненко, А. С. Каменко***
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 29.01.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты исследований за 2022–2025 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве девяти сортов люцерны посевной западноевропейской селекции. Увеличение нормы высева изучаемых сортов с 6 до 10 млн/га всхожих семян или на 67 % приводило к увеличению количества стеблей на 1 м^2 в первый год жизни люцерны на 37 %, во второй – на 15 %, в третий – на 11 % и в четвертый – на 6 %. Средняя урожайность сухого вещества за годы исследований с учетом покровной культуры (горохо-ячменная смесь) варьировала от 89,1 ц/га до 97,0 ц/га. У изучаемых сортов люцерны установлена средняя обратная связь между сбором сухого вещества и содержанием протеина или обменной энергии (r = –0,53 и –0,42 соответственно). Сорта Плато, Тимбале, Камила, Медиана и Фравер оказались наиболее урожайными по выходу кормовых единиц при обеих нормах высева семян, Екскуиз и Эзелина – при 10 млн/га. Наибольший сбор обменной энергии обеспечивали Камила, Фравер, Медиана при обеих нормах высева семян, Эзелина – при высеве 10 млн семян на 1 га.*

Введение. Традиционно важным источником высокобелковых кормов остаются многолетние бобовые травы, служащие в полевом кормопроизводстве гарантом долгосрочного обеспечения кормами, особенно в условиях ограниченных материально-технических ресурсов [1]. Одной из самых распространенных высокобелковых кормовых культур в мире является люцерна.

Она возделывается более чем в 80 странах мира, занимая свыше 40 млн га [2]. Около четверти ее посевов приходится на США [3]. В связи с аридизацией климата люцерна становится основной кормовой культурой во всех природно-климатических регионах Российской Федерации [4, 5]. Ареал ее возделывания за последние 30 лет значительно расширился в северном и северо-восточном направлениях [6].

Следует отметить, что и в Беларуси наблюдается положительная динамика роста посевов под люцерной. Ее посевная площадь в настоящее время составляет около 360 тыс. га, в то время как в 2015 г. на эту культуру приходилось только 144 тыс. га. Для специалистов ряда сельскохозяйственных организаций люцерна является новой культурой, что приводит к неудачам при ее возделывании. Например, дискуссионным остается вопрос нормы высева семян, когда сельхозпроизводители склоняются к более высоким значениям, часто вдвое превышающим установленные показатели. Согласно отраслевому регламенту 2022 г. норма высева люцерны на кормовые цели составляет 4,0–6,0 млн/га всхожих семян [7]. В усовершенствованном отраслевом технологическом регламенте выращивания и приготовления кормов из люцерны 2025 г. рекомендована норма высева семян люцерны посевной на кормовые цели в одновидовом посеве 6,0–8,0 млн/га люцерны изменчивой и желтой – 8,0–12,0 млн/га всхожих семян [8]. При размещении люцерны на условно пригодных почвах предлагается выращивать ее в смесях с многолетними злаковыми травами – тимофеевкой луговой, кострецом безостым или овсяницей луговой с нормой высева по 6 млн/га всхожих семян бобового и злакового компонентов.

В этой связи заслуживает внимания изучение продуктивности импортируемых в нашу страну сортов люцерны при интенсивном режиме их использования.

Методика и условия проведения исследований. Полевые опыты проводили на опытном участке РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва – дерново-палево-подзолистая супесчаная на связных пылеватых (лессовидных) супесях, подстилаемая моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м с прослойками песка на контакте. Агрохимическая характеристика опытного участка: pH – 5,87, содержание P_2O_5 – 199 мг/кг, K_2O – 286 мг/кг почвы, гумуса – 2,70 %. Предшественник – тритикале озимая. Обработка почвы – традиционная. Осенью под вспашку и в последующие годы вносили минеральные удобрения ($P_{60}K_{120}$) в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия. Люцерна подсевалась под покров горохо-ячменной смеси на зеленую массу с нормой высева покрова 0,6 + 2,5 млн/га. Норма высева люцерны посевной 6 и 10 млн/га. Уборка зеленой массы проводилась кормоуборочным комбайном Xege 212.

Теплая погода в июне 2022 г. (+2,7 ºС к норме) с умеренными осадками (81 %) благоприятствовала росту люцерны после уборки покровной культуры. Погода в июле соответствовала многолетним значениям, а в августе оказалась чрезвычайно жаркой с отсутствием осадков со второй декады по первую декаду сентября, что не позволило сформировать второй укос.

Вегетационный период в 2023 г. характеризовался нетипичностью по отношению к среднемноголетним значениям, высокой суммой активных температур, низким количеством и крайне неравномерным выпадением атмосферных осадков. Среднесуточная температура воздуха в мае соответствовала среднемноголетней (+13,2 ºС), осадков выпало лишь 8 % от нормы. Июнь оказался теплым, но также с дефицитом осадков (32 % от нормы), что к концу месяца повлекло за собой сильное снижение содержания влаги в почве до уровня мертвого запаса. Дефицит влаги в почве ощущался до октября, поскольку с мая по сентябрь по данным метеостанции г. Борисов выпало лишь 181 мм осадков при норме 370 мм.

В первой половине мая 2024 г. температурные условия приближались к многолетним значениям, осадков выпало меньше нормы. Особенно засушливой оказалась вторая декада месяца. В целом за май выпало 13,4 мм осадков (21 % от нормы) при среднесуточной температуре воздуха на 1,8 ºС выше среднемноголетнего значения. Теплее обычного (на +1,5 ºС) с обильными осадками (+ 38 % к норме) был первый летний месяц. Такая погода благоприятствовала хорошему росту и развитию растений люцерны. В июле среднесуточная температура воздуха превышала норму на +2,0 ºС, составив +20,8 ºС. Небольшой дефицит осадков в это время при таком температурном режиме приводил к потере тургора листьев. Жаркая погода с высокими дневными температурами в августе с существенным дефицитом осадков привела к снижению темпов роста люцерны при формировании последнего укоса травостоев. С мая по сентябрь выпало 281 мм осадков.

В 2025 г. в апреле температура воздуха оказалась на +1,7 ºС теплее нормы, а количество осадков составило 37 % от нормы. В мае среднесуточная температура воздуха составила +10,6 ºС, что на +2,6 ºС ниже нормы, а количество осадков превысило норму в 2 раза. Июнь также отличался прохладной и дождливой погодой. Среднемесячная температура (+16,1 ºС) отмечена ниже нормы на +0,8 ºС, а сумма осадков составила 134,6 мм, что значительно больше средних многолетних показателей (78 мм). В июле температура воздуха была выше нормы на +1,1 ºС при среднем показателе +19,9 ºС с обильными осадками – 139,8 мм при норме 94 мм. В августе была прохладная погода с существенным дефицитом осадков, который продолжался в течение всего следующего месяца. Первые две декады сентября оказались теплыми, а в третьей декаде (24–25 сентября) отмечались заморозки до -3 ºС. В итоге, с мая по сентябрь в 2025 г. выпало 456 мм осадков, что обеспечило высокую урожайность трав.

Результаты исследований и их обсуждение. В первый год жизни после уборки горохо-ячменной смеси на зеленую массу люцерна к третьей декаде сентября формировала один укос со средней по сортам урожайностью зеленой массы 98 и 99 ц/га при нормах высева 6 и 10 млн/га, сухого вещества – 22,2 и 22,4 ц/га соответственно. Наименьшей урожайностью характеризовался сорт итальянской селекции Эзелина – 87–92 ц/га зеленой массы и 19,8–20,9 ц/га сухого вещества, наибольшей – французский сорт Тимбале – 110–112 и 25,0–25,3 ц/га соответственно.

Увеличение нормы высева семян с 6 до 10 млн/га или на 67 % приводило к увеличению количества стеблей на 1 м^2 в первый год жизни люцерны на 37 %, во второй – на 15 %, в третий – на 11 %, в четвертый – на 6 % (таблица 1). Наибольшее количество стеблей в ценозе люцерны отмечалось на третий год жизни – 538 шт/м^2 при норме высева 6 млн семян на 1 га и 600 шт/м^2 при норме высева 10 млн семян на 1 га. В первый год жизни эти показатели составляли соответственно 171 и 235 шт/м^2, во второй – 478 и 549 шт/м^2, в четвертый – 380 и 402 шт/м^2. Изреживание люцерны на четвертый год жизни было визуально заметным, несмотря на то, что в течение вегетации осадки были обильными и постоянными. Высокой плотностью стеблестоя характеризовались сорта Плато и Фравер.

Таблица 1. Количество стеблей у сортов люцерны в различные годы жизни в зависимости от нормы высева семян, шт/м^2

Сорт	Норма высева, млн/га	2022 г.	2023 г.		2024 г.			2025 г.			Среднее
		15.08	01.06	20.07	27.05	24.06	30.07	05.06	10.07	18.08	
Дайси	6	162	383	431	554	489	508	406	424	382	415
	10	250	485	495	569	611	445	310	356	468	443
Вэсна	6	131	444	443	511	573	457	404	330	402	411
	10	185	497	555	653	757	440	394	526	470	497
Екскviз	6	170	482	514	531	613	442	300	486	348	432
	10	231	658	427	585	550	480	340	364	402	449
Камила	6	193	475	432	609	633	414	470	478	398	456
	10	263	574	472	631	592	500	420	424	384	473
Медиана	6	217	494	488	568	533	412	460	352	404	436
	10	190	601	532	610	608	478	474	456	482	492
Плато	6	171	494	613	725	675	418	414	358	310	464
	10	231	702	593	799	711	468	426	372	470	**530**
Тимбале	6	164	468	455	542	554	470	294	328	284	395
	10	220	508	523	671	703	408	328	292	362	446
Фравер	6	163	561	502	636	640	470	386	430	512	478
	10	301	615	582	756	760	590	402	390	438	**537**
Эзелина	6	172	505	414	492	546	501	268	292	334	392
	10	246	537	529	651	614	558	376	396	322	470
Среднее	6	171	478	477	574	584	455	378	386	375	431
	10	235	575	523	658	656	485	386	397	422	482

На второй год жизни у девяти сортов люцерны посевной урожайности, как зеленой массы, так и сухого вещества, в зависимости от нормы высева семян не выявлено (таблица 2).

Урожайность зеленой массы сортов во второй год жизни при норме высева семян 6 млн/га колебалась в пределах 275 ц/га (Эзелина) – 323 ц/га (Фравер) по зеленой массе и от 61,6 ц/га (Екскviз) до 81,1 ц/га (Медиана) – по сухому веществу. При норме высева семян 10 млн/га минимальную и мак-

симальную урожайность зеленой массы показали Плато и Камила (282 и 321 ц/га), сухого вещества – Дайси и Эзелина (61,8 и 76,1 ц/га). В среднем по двум нормам высева семян наиболее урожайным по сухому веществу в засушливых условиях в 2023 г. оказался сорт Медиана (78,2 ц/га).

На третий год жизни также не выявлено преимущества повышенной нормы высева семян 10 млн шт/га по сравнению с 6 млн шт/га. Так, средняя урожайность зеленой массы по сортам при норме высева 6 млн/га составила 652 ц/га, при норме 10 млн/га – 653 ц/га. Достоверную прибавку по урожайности зеленой массы в зависимости от нормы высева семян 6 и 10 млн/га не показал ни один сорт. В пересчете на сухое вещество два сорта (Дайси и Эзелина) имели достоверное превышение урожайности при большей норме высева семян. В среднем на третий год жизни по всем сортам различий по урожайности сухого вещества не наблюдалось: 124,9 и 125,6 ц/га. Наибольший показатель имели сорта Фравер (130,3 ц/га) и Тимбале (131,8 ц/га). Также снижение сбора сухого вещества отмечено у сортов Камила, Медиана и Эзелина.

Таблица 2. Урожайность сортов люцерны посевной в 2022–2025 гг. при различной норме высева семян, ц/га

Сорт (А), происхождение	Норма высева, млн/га (В)	Зеленая масса					Сухое вещество				
		1 г.ж.*	2 г.ж.	3 г.ж.	4 г.ж.	сред-нее	1 г.ж.*	2 г.ж.	3 г.ж.	4 г.ж.	сред-нее
Дайси *(Дания)*	6	323	279	636	623	**465**	59,3	63,7	119,9	109,5	88,1
	10	325	283	686	618	**478**	59,7	61,8	125,4	113,4	**90,1**
Вэсна *(Сербия)*	6	322	278	619	622	460	59,1	62,9	122,8	121,0	**91,5**
	10	321	284	631	624	465	58,7	65,6	121,9	115,9	**90,5**
Екскуиз *(Франция)*	6	318	281	643	638	**470**	58,1	61,6	119,4	115,4	88,6
	10	317	289	618	666	**473**	57,8	64,8	120,7	127,8	**92,8**
Камила *(Германия)*	6	324	309	653	660	**487**	59,5	72,5	127,2	126,3	**96,4**
	10	328	321	675	651	**494**	60,2	73,8	127,8	126,6	**97,1**
Медиана *(Сербия)*	6	320	322	626	627	**474**	58,4	81,1	123,5	132,2	**98,8**
	10	319	311	627	631	**472**	58,4	75,2	125,2	119,4	**94,6**
Плато *(Германия)*	6	331	305	682	646	**491**	61,0	72,1	124,0	115,1	**93,1**
	10	330	282	661	651	**481**	60,7	67,1	120,8	121,2	**92,5**
Тимбале *(Франция)*	6	336	278	668	627	**477**	62,2	64,1	132,3	112,0	**92,7**
	10	338	305	663	621	**482**	62,5	66,4	131,3	116,9	**94,3**
Фравер *(Германия)*	6	336	323	700	685	**511**	62,2	72,2	131,0	128,1	**98,4**
	10	322	299	674	665	**490**	59,0	74,4	129,6	119,2	**95,6**
Эзелина *(Италия)*	6	313	275	638	627	463	57,0	66,0	123,8	113,5	**90,1**
	10	318	298	643	615	**469**	58,1	76,1	127,7	120,3	**95,6**
Среднее	6	325	295	652	639	478	59,6	68,5	124,9	119,3	93,1
	10	324	297	653	638	478	59,4	69,5	125,6	120,0	93,6
$НСР_{05}$	АВ	30	26	55	61	46	7,4	6,3	10,6	11,4	9,2
	А	22	19	40	44	33	5,6	4,6	7,8	8,4	6,8
	В	10	9	19	21	16	2,8	2,1	3,6	3,9	3,2

Примечание: *Урожайность вместе с покровной культурой (горохо-ячменная смесь), которая по зеленой массе составила 226 ц/га, по сухому веществу – 37,2 ц/га.

Благоприятные погодные условия 2025 г. позволили люцерне в четвертый год жизни сформировать высокую урожайность зеленой массы и сухого вещества, не уступающую по этим показателям предыдущему году. На четвертый год жизни травостоев, как и в предыдущие годы, не установлено разницы в урожайности зеленой массы и сухого вещества при повышенной норме высева семян 10 млн шт/га по сравнению с 6 млн/га. Например, средняя урожайность зеленой массы за четыре укоса по всем сортам при норме высева 6 млн/га составила 639 ц/га, при норме 10 млн/га – 638 ц/га. Только сорт Екскwиз показал достоверное превышение урожайности зеленой массы и сухого вещества от нормы высева семян 10 млн/га.

Анализируя данные по урожайности зеленой массы и сухого вещества сортов западноевропейской селекции, можно сделать вывод, что при увеличении их нормы высева с 6 до 10 млн штук на 1 га роста этих показателей не наблюдается.

Питательность сортов люцерны мало изменялась в зависимости от нормы высева семян. На этот показатель большее влияние оказывал срок проведения укосов. Средневзвешенный по всем укосам и годам исследований показатель содержания сырого протеина в растениях люцерны посевной колебался от 17,4 % у сортов Вэсна и Медиана до 19,4 % – Плато. В то же время от нормы высева семян всех сортов содержание протеина в растениях люцерны, равно как и энергии, изменялось незначительно (таблица 3). Более высоким содержанием энергии обладали Медиана и Плато, а самым низким – Камила. Корреляционный анализ показал, что между сбором сухого вещества люцерны и содержанием протеина или обменной энергии существует средняя обратная связь (r = -0,53 и -0,42 соответственно).

Таблица 3. Питательная ценность сортов люцерны посевной в среднем по четырем укосам в зависимости от нормы высева семян, 2023–2025 гг.

Сорт	Сырой протеин, % в СВ		Кормовые единицы в 1 кг СВ		Обменная энергия, МДж/кг СВ	
	6 млн/га	10 млн/га	6 млн/га	10 млн/га	6 млн/га	10 млн/га
Дайси	18,7	18,8	0,892	0,891	9,55	9,56
Вэсна	17,4	17,6	0,882	0,885	9,64	9,60
Екскwиз	18,8	18,6	0,893	0,899	9,58	9,58
Камила	17,8	17,8	0,869	0,877	9,41	9,45
Медиана	17,6	17,4	0,866	0,875	9,67	9,72
Плато	19,4	19,4	0,880	0,886	9,66	9,75
Тимбале	18,5	19,3	0,894	0,890	9,68	9,65
Фравер	18,3	18,7	0,885	0,877	9,59	9,55
Эзелина	18,2	18,2	0,881	0,878	9,58	9,65
Среднее	**18,3**	**18,4**	**0,883**	**0,884**	**9,60**	**9,61**

По сбору сырого протеина в среднем за три года пользования травостоями выделились сорта Плато и Фравер – 20,0 и 20,2 ц/га (таблица 4). Наименьшим сбором характеризовался сорт сербской селекции Вэсна – 17,8 ц/га.

В настоящее время этот сорт исключен из списка районированных сортов люцерны посевной в нашей республике.

Сбор кормовых единиц по всем вариантам опыта колебался в пределах от 87,1 до 97,8 ц/га. Бóльший сбор кормовых единиц при обеих нормах высева семян сформировали сорта Плато, Тимбале, Камила, Медиана и Фравер, а также Екскви́з и Эзелина при 10 млн/га. Дайси и Вэсна оказались наименее урожайными как по выходу кормовых единиц, так и обменной энергии. Наибольший выход обменной энергии обеспечили Камила, Фравер, Медиана при обеих нормах высева семян и Эзелина при высеве 10 млн семян на 1 га.

Таблица 4. Кормовая продуктивность сортов люцерны посевной в зависимости от нормы высева семян (В), 2023–2025 гг.

Сорт (А)	Сырой протеин, ц/га		Кормовые единицы, ц/га		Обменная энергия, ГДж/га	
	6 млн/га	10 млн/га	6 млн/га	10 млн/га	6 млн/га	10 млн/га
Дайси	18,2	18,8	87,1	89,3	93,3	95,8
Вэсна	17,8	17,8	90,2	89,5	98,5	97,1
Екскви́з	18,6	**19,4**	88,2	**93,9**	94,7	100,0
Камила	**19,4**	**19,5**	**94,5**	**96,0**	**102,2**	**103,4**
Медиана	**19,8**	18,5	**97,3**	**93,3**	**108,6**	**103,6**
Плато	**20,2**	**20,0**	**91,3**	**91,3**	100,2	100,4
Тимбале	19,0	**20,2**	**91,9**	**93,3**	99,6	101,2
Фравер	**20,2**	**20,2**	**97,8**	**94,5**	**106,0**	**102,9**
Эзелина	18,4	**19,7**	89,0	**94,8**	96,8	**104,2**
Среднее	**19,1**	**19,3**	**92,0**	**92,9**	**100,0**	**101,0**
$НСР_{05}$	AB = 1,8 A = 1,3 B = 0,6		AB = 8,6 A = 6,3 B = 2,6		AB = 9,3 A = 6,8 B = 2,9	

Выводы

1. Увеличение нормы высева люцерны посевной с 6 до 10 млн всхожих семян на 1 га или на 67 % повышало количество стеблей на 1 $м^2$ в первый год жизни люцерны на 37 %, во второй – на 15 %, в третий – на 11 %, в четвертый – на 6 %. При этом кормовая продуктивность девяти сортов люцерны посевной западноевропейского происхождения за три года пользования возрастала несущественно: с 19,1 до 19,3 ц/га по сырому протеину, с 92,0 до 92,9 ц/га по кормовым единицам и с 100,0 до 101,0 ГДж/га по обменной энергии.

2. Сорта Дайси, Екскви́з, Вэсна, Эзелина, Плато, Тимбале, Медиана, Камила, Фравер формируют среднюю за годы исследований урожайность сухого вещества с учетом покровной культуры от 89,1 ц/га до 97,0 ц/га.

3. Установлена средняя обратная связь между сбором сухого вещества люцерны и содержанием протеина, а также между сбором сухого вещества и обменной энергией (r = -0,53 и -0,42 соответственно). Сорта люцерны посев-

ной незначительно различаются по содержанию протеина и обменной энергии.

4. Сорта Плато, Тимбале, Камила, Медиана и Фравер являются наиболее урожайными по выходу кормовых единиц при обеих нормах высева семян, Екскквиз и Эзелина – при 10 млн/га. Наибольший сбор обменной энергии обеспечивают Камила Фравер, Медиана при обеих нормах высева семян и Эзелина при высеве 10 млн семян на 1 га.

Литература

1. Михалев, В. Е. Люцерна – важная кормовая культура / В. Е. Михалев, Е. Ю. Ушакова // Актуальные направления селекции и использование люцерны в кормопроизводстве: сб. науч. тр. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса; [под ред. В. М. Косолапова, И. А. Трофимова, Н. И. Георгиади]. – Москва: Угрешская типография, 2014. – Вып. 4 (52). – С. 196–204.

2. Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса на семенные и кормовые цели (рекомендации). – Москва : ФГУ РЦСК, 2008. – 39 с.

3. Putnam, D. Alfalfa, Wildlife and the Environment / D. Putnam et al. // The Importance and Benefits of Alfalfa in the 21st Century. – 2001. – 24 p.

4. Научные основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России: научное издание / С. В. Сапрыкин и др. – Воронеж : ОАО «Воронежская областная типография, 2020. – 496 с.

5. Сапрыкин, С. В. Создание новых сортов люцерны желтой (*Medicago falcate* L.) для условий степи Центрально-Черноземного региона / С. В. Сапрыкин, Н. В. Сапрыкина, О. Н. Любцева // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – № 4. – С. 6–15.

6. Селекция и семеноводство многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России: научное издание / И. М. Шатский [и др.]. – Воронеж : ОАО «Воронежская областная типография, 2016. – 236 с.

7. Возделывание люцерны посевной / Е. И. Чекель [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, технических и кормовых растений: сб. отраслевых регламентов / 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 : УП «ИВЦ Минфина», 2022. – С. 258–271.

8. Усовершенствованный отраслевой технологический регламент выращивания и приготовления кормов из люцерны / Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию Жодино : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2025 (печ. 2026). – 15 с.

PRODUCTIVITY AND FEED VALUES OF ALFALFA VARIETIES AT DIFFERENT SEEDING RATES

S. V. Kravtsov, A. A. Borovik, N. F. Nadtochaev, G. N. Kot, M. A. Meleshkevich, N. S. Stepanenko, A. S. Kamenko

The paper presents the results of the research on nine alfalfa varieties of Western European breeding, conducted in 2022-2025 on sod-podzolic sandy loam soil. The increase of the seeding rate of the studied varieties from 6 to 10 million viable seeds per hectare, or by 67 %, brought about the increase of the number of stems per 1 m^2 in the first year of alfalfa life by 37 %, in the second – by 15 %, in the third by – 11%, and in the fourth by – 6 %. The average dry matter yield over the years of the research, taking into account the cover crop (pea-barley mixture), ranged from 89.1 c/ha to 97.0 c/ha. The avarage inverse relationship was established

between the dry matter yield and the protein or metabolizable energy content for the studied alfalfa varieties (r = –0.53 and –0.42, respectively). The Plato, Timbale, Camila, Mediana, and Fraver varieties yielded the highest forage units at both seeding rates, while Exquis and Ezelina yielded the highest forage units with 10 million seeds per hectare. The highest metabolizable energy yield was achieved by Camila, Fraver, and Mediana at both seeding rates, while Ezelina yielded the highest forage units with 10 million seeds per hectare.

УДК 633.16.«324»:631.559:631[531.04:531.048]

ВЛИЯНИЕ СРОКА СЕВА И НОРМЫ ВЫСЕВА СЕМЯН ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА

И. А. Чекалов, *соискатель*
РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси»
(Дата поступления статьи в редакцию 09.06.2026)

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

Аннотация. *Представлены результаты трехлетних полевых исследований (2022–2025 гг.) по изучению влияния сроков сева и норм высева на формирование элементов структуры урожайности озимого ячменя сорта Буслик. Исследования проводились на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве северо-восточной части Беларуси в РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси». Изучалось четыре срока сева (5, 10, 15 и 25 сентября) и семь норм высева (от 2,0 до 5,0 млн всхожих семян/га). Установлено, что продуктивный стеблестой, число зерен в колосе и масса 1000 зерен существенно варьировали в зависимости от погодных условий года и изучаемых факторов. Максимальная плотность продуктивного стеблестоя (276–311 шт/м^2) в среднем за три года формировалась при посеве 5–10 сентября с нормой высева 3,0–5,0 млн всхожих семян на 1 га. Выявлена обратная зависимость между нормой высева и озерненностью колоса, наибольшее число зерен (28,1–28,9 шт.) отмечено при минимальных нормах высева (2,0–3,0 млн/га) в ранние сроки. Достоверное снижение массы 1000 зерен зафиксировано только при посеве 25 сентября с высокими нормами высева (4,0–5,0 млн/га).*

Введение. Озимый ячмень (*Hordeum vulgare* L.) относится к культурам с высоким адаптивным потенциалом, что позволяет ему формировать продуктивные агроценозы в различных почвенно-климатических условиях. Реализация генетического потенциала продуктивности этой культуры в значительной мере лимитируется комплексом факторов, среди которых определяющая роль принадлежит срокам сева и нормам высева, задающим начальные параметры формирования агрофитоценоза [1].

Закономерности онтогенеза растений, детально описанные Ф.М. Куперман, показывают, что на различных этапах органогенеза закладываются разные элементы структуры урожая [2]. При этом растения обладают выраженной

способностью к саморегуляции: закладка стеблей, колосков и цветков значительно превышает их конечную реализацию в урожае [3]. Механизмы редукции части побегов, колосков и зерновок выступают как компенсаторная реакция на стрессовые факторы и условия конкуренции за ресурсы. Как отмечает К.А. Касаева, именно кущение регулирует густоту стеблестоя и играет ключевую роль в степных районах с неустойчивым увлажнением [4].

Ряд исследователей обосновывают целесообразность невысоких норм высева, делая ставку на повышенное продуктивное кущение, которое в благоприятных условиях способно компенсировать разреженность стеблестоя и обеспечить до 60–70 % урожая за счет боковых побегов [5]. Другие ученые указывают на риски такого подхода в засушливых условиях, где кущение ограничено влагообеспеченностью, а изреженные посевы сильнее страдают от сорняков и не полностью используют ресурсы питания [6]. Исследования, проведенные в Ростовской области, демонстрируют, что лучшие условия осеннего кущения и укоренения по предшественнику кукуруза на зерно складываются при ранних сроках сева, которые обеспечивают наибольшую продуктивность [7]. Между тем, данные исследований свидетельствуют о сложном взаимодействии срока сева и нормы высева семян. Литовскими учеными установлено, что чрезмерное загущение посевов достоверно снижает продуктивность озимого ячменя [8]. Между густотой продуктивного стеблестоя, озерненностью колоса и массой 1000 зерен существует обратная зависимость, что требует поиска компромиссных значений этих показателей [9]. Анализ закономерностей формирования урожайности озимого ячменя и роли в нем отдельных элементов его составляющих, показал, что в основе величины урожая лежит число растений на единице площади, которое в соответствии с коэффициентом продуктивного кущения определяет густоту продуктивных стеблей. Именно оно оказывает решающее влияние на формирование других элементов структуры урожая и конечной продуктивности [10].

Методика и условия проведения исследований. Полевой опыт проведен в РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси» в 2022–2025 гг. Характеристика опытного участка: почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, подстилаемая моренным суглинком, pH – 5,71–6,29, подвижного фосфора P_2O_5 – 125–257 мг//кг, обменного калия K_2O – 157–323 мг/кг почвы, содержание гумуса – 1,92–2,75 %. Предшественник – озимый рапс.

Подготовка почвы включала лущение стерни дискатором, вспашку на глубину пахотного слоя, культивацию и предпосевную обработка комбинированным агрегатом АКШ-3,6. Фосфорно-калийные удобрения внесены под вспашку в дозе $P_{40}K_{100}$ в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия. Семена озимого ячменя сорта Буслик протравливали препаратом Вайбранс Трио, ТКС, 2 л/т. Озимый ячмень высевали в 4 срока (5 сентября, 10 сентября, 15 сентября и 25 сентября) с нормой высева семян от 2,0 до 5,0 млн шт/га. Способ сева – рядовой. Для защиты посевов от сорняков применяли гербицид Комплит Форте, КС с нормой расхода 0,6 л/га в фазу 3 ли-

стьев культуры. Весной проведены две азотные подкормки карбамидом в дозе N_{60+30}. В фазу начала выхода в трубку вносили росторегулятор Моддус, КЭ, 0,6 л/га.

Погодные условия в годы проведения исследований сильно различались как по тепловому режиму, так и по обеспеченности влагой (рисунки 1, 2). Сентябрь 2022 г. был холоднее климатической нормы на 2,5 º, а октябрь – теплее на 1,8 º. Осень 2022 г. характеризовалась значительным количеством осадков, которое превышало норму. Сентябрь 2023 г. был значительно теплее нормы, температура октября была близкой к норме, однако отмечался недостатком влаги в почве. Осень 2024 г. была теплее нормы, а недостаток влаги в сентябре был восполнен осадками октября и ноября.

Январь 2023 г. характеризовался чередованием положительных температур с максимумом 5,9 ºС, достаточных для возобновления вегетации, и отрицательных, достигавших -20,8 ºС при отсутствии снежного покрова. В феврале установился снежный покров до 40 см, который сохранялся до конца марта. В этот период отмечено 18 дней с положительными суточными температурами, что оказало негативное действие на перезимовку растений озимого ячменя. В 2023 г. с октября по декабрь количество осадков превысило норму в 1,9 раза. Наступившая 17 декабря оттепель, которая продолжалась 2 недели, способствовала полному таянию снега, а 8 января зафиксировано понижение температуры до -25,3 º при высоте снежного покрова 6 см, что оказало негативное влияние на перезимовку озимого ячменя. В зимний период 2024–2025 гг. температуры не опускались ниже критических значений и отсутствовали экстремальные погодные явления, что способствовало хорошей перезимовке растений озимого ячменя.

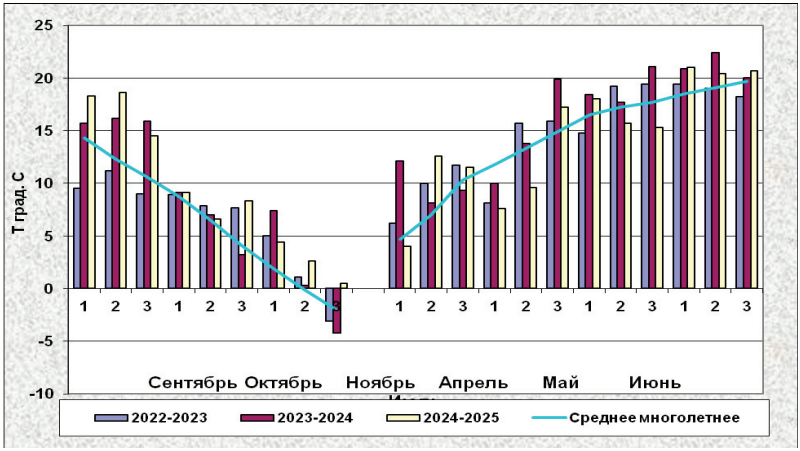


Рисунок 1. Среднедекадная температура воздуха в годы проведения исследований (метеостанция Витебск)

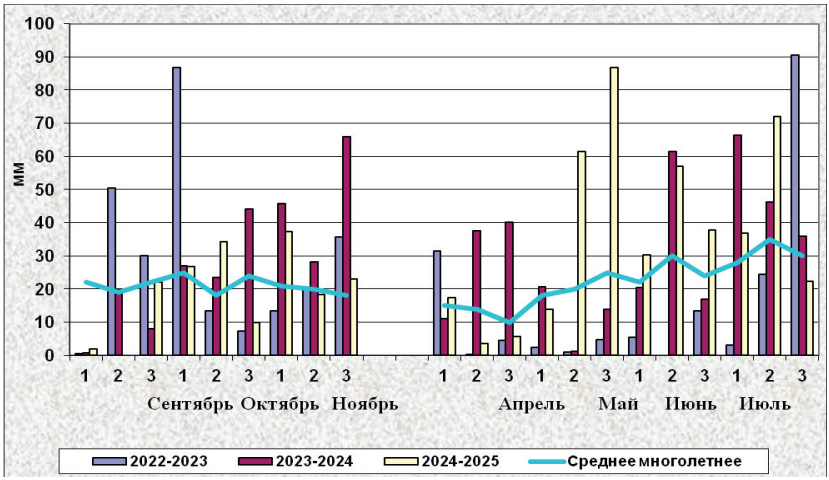


Рисунок 2. Среднедекадное количество осадков (метеостанция Витебск)

Результаты исследований и их обсуждение. Неблагоприятные погодные условия привели к тому, что весной 2023 г. сохранность растений озимого ячменя при севе 5 сентября в среднем по всем нормам высева семян составила 47,1 %, 10 сентября – 43,3 %, 15 сентября – 36,5 % и 25 сентября – 24,5 %. По этой причине невысоким был и продуктивный стеблестой (таблица 1). При севе 5 сентября с нормой высева семян 3,0–5,0 млн/га он составил 174–190 шт/м^2, при севе 10 сентября с нормой высева 3,5–5,0 млн/га – 167–170 шт/м^2 и при севе 15 сентября с такой же нормой высева – 159–162 шт/м^2. Поздний сев 25 сентября, как и меньшие нормы высева семян при более ранних сроках сева, приводили к существенному снижению продуктивного стеблестоя озимого ячменя.

В 2024 г. сохранность растений озимого ячменя в среднем по всем вариантам опыта составила 44,8 %, что на 7,0 % больше, чем было годом ранее. Она также уменьшалась по мере очередности сева культуры с 53,8 %, 50,7 %, 44,6 % до 29,9 %. Кроме этого, более высоким был и коэффициент кущения, составивший в зависимости от срока сева 2,20–2,55 против 1,16–1,24 в 2023 г. При севе 5 сентября с нормой высева семян 3,0–5,0 млн/га количество продуктивных стеблей в 2024 г. возросло до 277–299 шт/м^2, при севе 10 сентября этот показатель еще выше – 294–321 шт/м^2. При севе 15 сентября с нормой высева семян 3,5–5,0 млн/га, как и при севе 5 млн шт/га 25 сентября снижение численности продуктивных стеблей было недостоверным и общее их количество составило 281–320 шт/м^2.

В 2025 г. сохранность растений составила 93,7 %, она мало различалась по срокам сева – от 91,3 до 96,8 %. В то же время коэффициент кущения был близким к 2023 г. и равнялся 1,13–1,33, снижаясь от раннего сева к позднему. При севе 5 сентября с нормой высева семян 3,0–5,0 млн/га количество продуктивных стеблей возросло до 277–299 шт/м^2, при севе 10 сентября этот по-

казатель был еще выше – 294–321 шт/м^2. В этот год высокая численность продуктивного стеблестоя отмечалась при всех нормах высева 4,5–5,0 млн зерен на 1 га, и также 4,0 млн/га при севе 5 и 15 сентября.

Таблица 1. Продуктивный стеблестой озимого ячменя в зависимости от срока сева, нормы высева семян и погодных условий года, шт/м^2

Год исследований	Срок сева (А)	Норма высева семян, млн шт/га (В)							
		2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	среднее
2022/2023	5 сентября	120	135	174	184	165	187	190	165
	10 сентября	124	154	158	167	169	168	170	159
	15 сентября	91	102	94	159	161	162	159	133
	25 сентября	38	65	71	91	98	130	150	92
	Среднее	93	114	124	150	148	162	167	137
	$НСР_{05}$	АВ = 31, А = 12, В = 16							
2023/2024	5 сентября	260	270	277	287	290	283	299	281
	10 сентября	255	272	294	309	314	315	321	297
	15 сентября	138	203	273	281	294	306	320	259
	25 сентября	108	153	153	184	213	269	314	199
	Среднее	190	225	249	265	278	293	314	259
	$НСР_{05}$	АВ = 44, А = 16, В = 21							
2024/2025	5 сентября	318	328	393	397	411	415	444	387
	10 сентября	309	326	375	389	405	412	436	379
	15 сентября	244	285	349	372	417	420	447	362
	25 сентября	188	244	255	298	344	428	446	315
	Среднее	265	296	343	364	394	419	443	361
	$НСР_{05}$	АВ = 36, А = 14, В = 18							
Среднее	5 сентября	233	244	281	289	289	295	311	277
	10 сентября	229	251	276	288	296	298	309	278
	15 сентября	158	197	239	271	291	296	309	251
	25 сентября	111	154	160	191	218	276	303	202
	Среднее	183	212	239	260	274	291	308	252
	$НСР_{05}$	АВ = 37, А = 14, В = 18							

В среднем за 3 года исследований более высокая плотность продуктивного стеблестоя озимого ячменя, составившая 276–311 стеблей на 1 м^2, получена при севе 5–10 сентября 3,0–5,0 млн всхожих семян, 15 сентября 4,0–5,0 млн или 25 сентября 4,5–5,0 млн/га (рисунок 3). Большее количество продуктивных стеблей (277–278 шт/м^2) насчитывалось при первых двух сроках сева. При позднем севе 25 сентября оно снижалось до 202 шт/м^2. Этот показатель по отношению к сроку сева описывается уравнением:

$$y = -12{,}54x^2 + 37{,}257x + 253$$

где у – средняя за три года исследований плотность продуктивного стеблестоя,
х – дата посева.

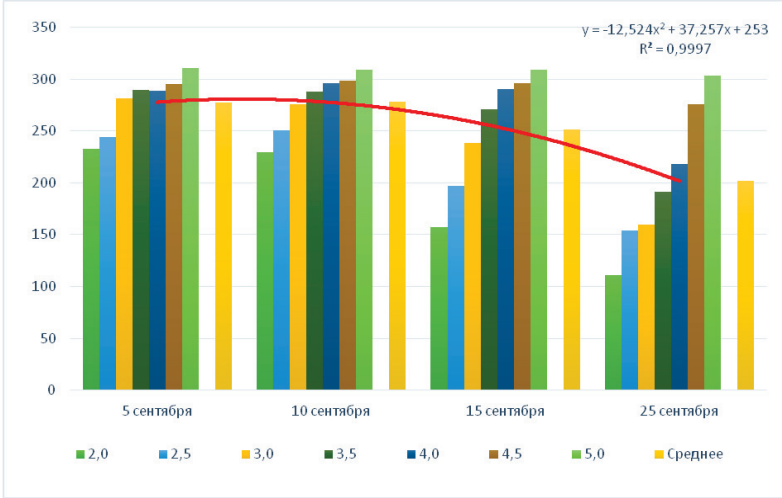


Рисунок 3. Плотность продуктивного стеблестоя озимого ячменя в зависимости от срока сева и нормы высева семян (средняя за три года), шт/м^2

Число зерен в колосе озимого ячменя зависело не только от нормы высева семян и срока сева, но и погодных условий года. Так, в 2023 г. увеличение нормы высева семян с 2,0 до 5,0 млн/га приводило к уменьшению количества зерен в одном колосе с 28,4 до 26,1 шт. и имело недостоверные различия (таблица 2). Сев 5–10 сентября обеспечивал большую озерненность колоса (28,9–30,2 шт.), чем сев 15 или 25 сентября (27,9 и 23,1 шт.). Только поздний сев при всех нормах высева семян приводил к существенному снижению количества зерен в колосе. В 2024 г. наряду с этом сроком сева худшие результаты по количеству зерен в колосе получены и при севе 10–15 сентября с нормой высева 5,0 млн всхожих зерен на 1 га. В итоге, в среднем по всем срокам сева норма высева семян 4,5–5,0 млн/га обеспечивала достоверно меньшее число зерен в одном колосе, а первые два срока сева по-прежнему имели существенно большие показатели – 28,4–29,9 шт. В 2025 г. количество лучших вариантов по числу зерен в колосе снизилось до шести. Они включают сев ячменя 5–10 сентября нормой высева семян 2,0–3,0 млн/га с показателями 29,8–32,5 г. Здесь только нормы 2,0–2,5 млн/га всхожих семян в среднем по всем срокам сева имели достоверное превышение по числу зерен в колосе, которое составило 29,0–29,3 шт. При норме высева семян 5,0 млн/га этот показатель снизился до 23,2 шт.

Таблица 2. Число зерен в колосе озимого ячменя в зависимости от срока сева, нормы высева семян и погодных условий года, шт.

Год исследований	Срок сева (А)	Норма высева семян, млн шт/га (В)							
		2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	Среднее
2022/2023	5 сентября	31,6	31,1	30,6	30,2	29,4	30,0	28,2	30,2
	10 сентября	30,8	29,1	29,0	28,7	28,4	28,3	27,9	28,9
	15 сентября	26,6	26,7	26,8	27,6	28,4	31,6	27,6	27,9
	25 сентября	24,6	24,4	24,5	23,7	22,3	21,4	20,8	23,1
	Среднее	28,4	27,8	27,7	27,6	27,1	27,8	26,1	27,5
	$НСР_{05}$	AB = 5,0, A = 1,8, B = 2,6							
2023/2024	5 сентября	29,9	30,4	31,0	30,3	29,8	29,5	28,5	29,9
	10 сентября	30,0	30,3	30,8	28,5	27,7	26,9	24,3	28,4
	15 сентября	29,4	29,1	27,4	28,5	27,6	26,8	26,0	27,8
	25 сентября	26,3	25,6	25,9	25,2	23,7	23,4	23,5	24,8
	Среднее	28,9	28,9	28,8	28,1	27,2	26,7	25,6	27,7
	$НСР_{05}$	AB = 4,3, A = 1,6, B = 2,1							
2024/2025	5 сентября	31,4	31,8	30,0	28,7	27,6	26,9	25,5	28,8
	10 сентября	32,5	31,7	29,8	29,4	29,1	26,8	23,6	29,0
	15 сентября	28,4	28,6	27,6	27,9	27,2	25,9	23,3	27,0
	25 сентября	24,7	23,8	23,8	23,4	21,8	21,0	20,5	22,7
	Среднее	29,3	29,0	27,8	27,4	26,4	25,2	23,2	26,9
	$НСР_{05}$	AB = 2,7, A = 1,0, B = 1,3							
Среднее	5 сентября	31,0	31,1	30,5	29,7	28,9	28,8	27,4	29,6
	10 сентября	31,1	30,4	29,9	28,9	28,4	27,3	25,3	28,7
	15 сентября	28,1	28,1	27,3	28,0	27,7	28,1	25,6	27,6
	25 сентября	25,2	24,6	24,7	24,1	22,6	21,9	21,6	23,5
	Среднее	28,9	28,6	28,1	27,7	26,9	26,5	25,0	27,4
	$НСР_{05}$	AB = 4,1, A = 1,5, B = 2,1							

В среднем за 3 года исследований аналогично тому, как это было ежегодно, меньше всего зерен в колосе формировалось при позднем севе озимого ячменя (рисунок 4). С увеличением нормы высева семян с 2,0 до 5,0 млн/га этот показатель снижался с 28,9 шт. до 25,0 шт. Достоверно меньшее количество зерен отмечалось и при севе 10–15 сентября повышенной нормой высева семян – 5,0 млн/га. В целом, больше зерен формировалось при севе 5–10 сентября при норме высева семян 2,0–3,0 млн шт/га. Зависимость этого показателя по отношению к сроку сева описывается уравнением:

$$y = -0{,}7845x^2 + 1{,}9755x + 28{,}318$$

где у – среднее за три года число зерен в колосе,
х – дата посева.

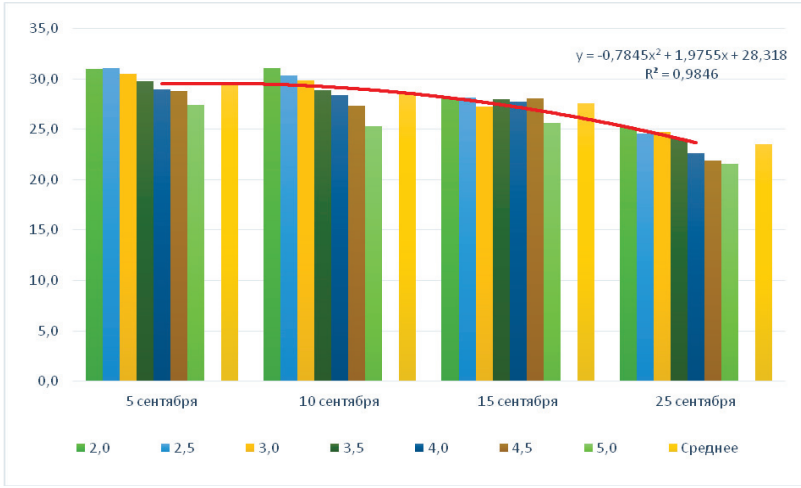


Рисунок 4. Число зерен в колосе озимого ячменя в зависимости от срока сева и нормы высева семян (среднее за три года), шт.

Невысокая плотность стеблестоя озимого ячменя в 2023 г. привела к тому, что масса 1000 зерен по вариантам опыта не имела существенных различий (таблица 3). Отмечена лишь тенденция ее снижения при увеличении нормы высева семян и опоздании с севом. В 2024 г. эти же закономерности сохранились, а по вариантам опыта отмечены существенные различия. Достоверное снижение массы 1000 зерен получено при севе 5,0 млн семян на 1 га во все сроки, 4,0–4,5 млн – при севе 15–25 сентября и 3,0–3,5 млн – при позднем севе. Существенно большая масса 1000 зерен была при севе 5–10 сентября и при норме высева семян от 2,0 до 3,5 млн/га. В 2025 г. относительно предыдущего года отмечены небольшие изменения по массе 1000 зерен, которая имела существенно меньшие значения при севе 15 сентября нормой высева семян 4,0–5,0 млн/га и при севе 25 сентября с нормой 2,5 млн семян и выше на 1 га.

В среднем за 3 года исследований достоверно меньший показатель массы 1000 зерен наблюдался только в трех вариантах: при севе 25 сентября 4,0–5,0 млн семян на 1 га. Аналогично тому, как это отмечалось ежегодно, увеличение нормы высева семян и опоздание с севом приводило к уменьшению массы 1000 зерен. Этот показатель по отношению к сроку сева выражается уравнением:

$$y = -0{,}2583x^2 + 0{,}4626x + 51{,}846$$

где y – средняя за три года масса 1000 зерен,
x – дата посева.

Таблица 3. Масса 1000 зерен озимого ячменя в зависимости от срока сева, нормы высева семян и погодных условий года, г

Год исследований	Срок сева (А)	Норма высева семян, млн шт/га (В)							
		2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	Среднее
2022/2023	5 сентября	52,2	51,5	50,9	50,2	50,1	48,4	48,4	50,2
	10 сентября	53,0	53,1	52,8	50,2	49,1	47,6	47,7	50,5
	15 сентября	51,1	50,6	50,1	49,6	49,0	48,8	48,3	49,6
	25 сентября	49,8	49,5	49,0	48,7	48,4	48,1	48,0	48,8
	Среднее	51,5	51,2	50,7	49,7	49,2	48,2	48,1	49,8
	$НСР_{05}$	AB = 5,6, A = 2,2, B = 2,9							
2023/2024	5 сентября	54,8	54,0	53,7	53,5	52,3	51,9	50,5	53,0
	10 сентября	54,6	54,1	53,3	53,2	52,3	51,4	50,2	52,7
	15 сентября	52,6	52,1	51,8	51,4	50,7	50,5	50,2	51,3
	25 сентября	51,7	51,0	50,4	50,1	49,6	49,1	48,5	50,1
	Среднее	53,4	52,8	52,3	52,1	51,2	50,7	49,9	51,8
	$НСР_{05}$	AB = 4,0, A = 1,6, B = 2,0							
2024/2025	5 сентября	54,0	53,8	53,3	53,1	52,4	51,8	51,0	52,8
	10 сентября	53,5	53,7	53,4	52,6	51,7	51,6	51,2	52,5
	15 сентября	53,6	52,1	51,4	51,1	50,4	50,1	49,8	51,2
	25 сентября	51,3	50,5	50,1	49,7	49,7	49,5	49,4	50,0
	Среднее	53,1	52,5	52,1	51,6	51,1	50,8	50,4	51,6
	$НСР_{05}$	AB = 3,1, A = 1,2, B = 1,6							
Среднее	5 сентября	53,7	53,1	52,6	52,3	51,6	50,7	50,0	52,0
	10 сентября	53,7	53,6	53,2	52,0	51,0	50,2	49,7	51,9
	15 сентября	52,4	51,6	51,1	50,7	50,0	49,8	49,4	50,7
	25 сентября	50,9	50,3	49,8	49,5	49,2	48,9	48,6	49,6
	Среднее	52,7	52,2	51,7	51,1	50,5	49,9	49,4	51,1
	$НСР_{05}$	AB = 4,4, A = 1,7, B = 2,2							

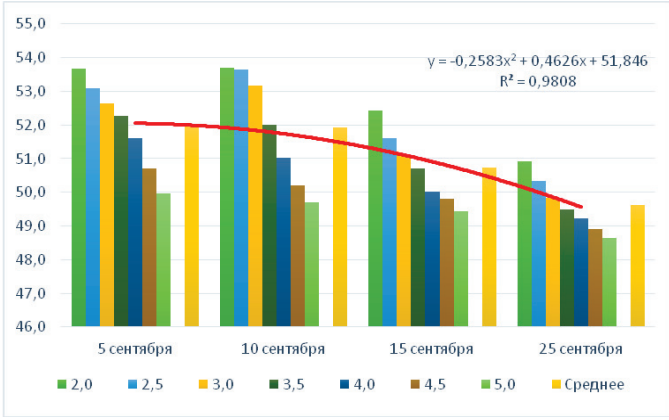


Рисунок 5. Масса 1000 зерен озимого ячменя в зависимости от срока сева и нормы высева семян (средняя за три года), г

Выводы

1. В условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы северо-восточной части Беларуси максимальный продуктивный стеблестой озимого ячменя формируется при севе 5–10 сентября нормой высева от 3,0 до 5,0 млн всхожих семян на 1 га, при севе 15 сентября – от 4,0 млн и при севе 25 сентября – от 4,5 млн/га.

2. Поздний сев ячменя 25 сентября приводит к существенному снижению количества зерен в колосе независимо от нормы высева семян, как и более ранний (10–15 сентября) при норме высева 5,0 млн шт/га.

3. Достоверное снижение массы 1000 зерен озимого ячменя при относительно невысокой численности продуктивного стеблестоя в северо-восточной части Беларуси отмечается при позднем сроке сева 25 сентября с нормой высева 4,0–5,0 млн всхожих семян на 1 га.

Литература

1. Зерновые культуры (выращивание, уборка, доработка и использование) : учебно-практическое руководство / Д. Шпаар [и др.] ; под общ. ред. Д. Шпаара. – 3-е изд., дораб. и доп. – Москва : DLV Агродело, 2008. – 656 с.

2. Куперман, Ф. М. Морфология растений. – М.: Высшая школа, 1984. – 237 с.

3. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Б. Х. Жеруков [и др.]; Под ред. Г. С. Посыпанова. – М.: КолосС, 2007. – 612 с.

4. Касаева, К. А. Формирование высокопродуктивных посевов зерновых колосовых культур. – М.: ВНИИТЭХагропром, 1986. – 55 с.

5. Хомяков, В.Н. Объективная оценка состояния агроценоза. Агрометеорологический аспект / Л: Гидрометеоиздат, 1989. – 172 с.

6. Николаев Е. В. Ячмень в Крыму / Е. В. Николаев, А. М. Изотов, С. В. Лыков. – Симферополь, 2007. – 182 с.

7. Лесных, О. С. Влияние сроков посева озимого ячменя по различным предшественникам на урожайность / О. С. Лесных, Г. В. Овсянникова, Г. М. Зеленская // Плодоводство и ягодоводство России. – 2023. – №74. – С. 73–86.

8. Balsytė, A. Sėjos laiko ir sėklos normos įtaka žieminių miežių (*Hordeum sativum* L.) peržiemojimui ir produktyvumui / A. Balsytė // Vytauto Didžiojo universitetas. – Kaunas, 2025. – P. 676–680.

9. Наш опыт выращивания ячменя / З. Б. Борисоник // Зерновое хозяйство. – 1978. – № 3. – С. 24–25.

10. Озимый ячмень / Л. Райнер [и др.] ; Пер. с нем. и предисл. В. И. Пономарева. – М.: Колос, 1980. – 214 с.

INFLUENCE OF SOWING DATES AND RATE OF WINTER BARLEY ON THE FORMATION OF GRAIN YIELD STRUCTURE ELEMENTS

I.A. Chekalov

The results of the three-year field research (2022–2025) on the influence of sowing dates and rates on the formation of the yield structure elements of the Buslik winter barley variety are presented. The study was conducted on sod-podzolic medium loamy soil in northeastern Belarus at the Vitebsk Zonal Institute of Agriculture of the NAS of Belarus. Four sowing dates (September 5, 10, 15 and 25) and seven seeding rates (from 2.0 to 5.0 million viable seeds/ha) were studied. It was established that the productive stem stand, number of grains per ear and the 1000-grain weight varied significantly depending on weather conditions and the studied factors. The maximum plant density (276–311 pcs/m^2) on average over three years was formed when

sowing on September 5–10 with a seeding rate of 3.0–5.0 million viable seeds per 1 ha. The inverse relationship was identified between the seeding rate and the grain content of the ear. The highest number of grains (28.1–28.9 pcs) was with minimal seeding rates (2.0–3.0 million/ha) at early time. A significant reduction of the 1000-grain weight was observed only when sowing on September 25 with high seeding rates (4.0–5.0 million/ha).

УДК 633.111«324»:632.952

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНГИЦИДА ОСКАР, КЭ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

О. В. Клочкова, В. В. Холодинский, Н. Л. Холодинская,
кандидаты с.-х. наук
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в печать 03.08.2026)

Рецензент: Сущевич Ю.А., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *Представлены результаты изучения эффективности применения фунгицида Оскар КЭ на яровой пшенице. В двулетних опытах установлена его высокая биологическая эффективность против болезней листового аппарата. Изучаемые нормы внесения препарата позволили сформировать высокую урожайность зерна в пределах 56,4–57,0 ц/га. Применение препарата Оскар, КЭ в фазу «флаговый лист» привело к увеличению массы зерна с колоса на 25,0–33,0 %, массы тысячи зерен – на 3,4–5,2 % по сравнению с контролем и обеспечило сохранение урожая на 3,2–3,8 ц/га зерна яровой пшеницы в зависимости от нормы расхода препарата.*

Введение. Современные технологии выращивания яровых зерновых культур становятся более совершенными. Важным элементом в получении стабильно высоких урожаев растениеводческой продукции является контроль болезней в период вегетации.

Среди возделываемых в республике яровых зерновых культур яровая пшеница является одной из урожайных. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь посевные площади под этой культурой в 2025 г. составляли 80,6 тыс. га, что составляет 3,4 % от общей посевной площади зерновых культур при средней урожайности 30,4 ц/га.

Одной из самых опасных болезней пшеницы является фузариоз (*Fusarium spp.*). Возбудители данного заболевания не только снижают качество урожая, но и его количество. Вызывают отставание в росте, щуплость зерна и уменьшение длины колоса. Наряду с потерями урожая фузариоз ухудшает хлебопекарные качества зерна и приводит к накоплению продуктов их метаболизма в виде микотоксинов, которые вызывают отравление у животных и человека при употреблении в пищу.

Доминирующей болезнью яровой пшеницы является также септориоз колоса (*Septoria spp.*). При наличии благоприятных условий болезнь быстро

продвигается с нижних на верхние листья, затем переходит на колос и поражает зерно. Вследствие этого инфекция вызывает легковесность и щуплость зерна.

Необходимым элементом технологии выращивания сельскохозяйственных культур является предотвращение развития болезней путем своевременного применения в период вегетации эффективных фунгицидов [5, 9, 10, 11, 12].

Условия и методика исследований. Интенсификация земледелия в агропромышленном комплексе Беларуси стимулирует развитие химической промышленности и выпуск новых эффективных средств защиты. Компания «ЗемлякоФФ» представила двухкомпонентный комбинированный фунгицид Оскар, КЭ (125 г/л, тебуконазол + 125 г/л, пираклостробин), предназначенный для защиты зерновых культур от комплекса болезней.

Объектом исследования являлась яровая пшеница среднеспелого сорта Весточка-17. Вегетационный период – 92–93 дня. Обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе. Натура зерна – 750 г/л, содержание сырого протеина в зерне – 14,3–14,5 %, стекловидность – 71 %. Среднее число падения 429 с, что выше стандарта на 87 с. Показатель альвеографа – 226 ед., объем хлеба из 100 г муки – 800 мл. Общая оценка хлеба – 4,0 балла [8].

Изучение эффективности фунгицида Оскар проводили на полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в течение 2023–2024 гг. Почва на опытном участке дерново-подзолистая легкосуглинистая, хорошо окультуренная. Пахотный горизонт характеризуется следующими агрохимическими показателями: pH (KCl) – 6,0–6,2, содержание фосфора – 300–370, калия – 300–360 мг/кг почвы, гумуса – 2,2–2,6 %. Фосфорно-калийные удобрения в дозе $P_{60}K_{90}$ вносили с осени под зяблевую вспашку, азотные удобрения в форме карбамида вносили под предпосевную обработку почвы в дозе 90 кг/га д.в. Посев осуществляли с нормой высева 5,0 млн всхожих зерен на гектар сеялкой KUHNFastliner 3000. В стадии выхода в трубку была проведена подкормка карбамидом в дозе 30 кг/га д.в. Предшественником для яровой пшеницы была сахарная свекла. Расположение рендомизированное, повторность опыта четырехкратная. Обработка посевов яровой пшеницы проводилась ранцевым опрыскивателем OSATU STAR 16 с расходом рабочего раствора 200 л/га. Уборка проводилась прямым комбайнированием с учетом урожайности по делянкам. Площадь делянки – 10 $м^2$.

Перед обработкой фунгицидами яровой пшеницы отмечено появление мучнистой росы (*Erysiphe graminis)* и септориоза листьев (*Septoria tritici)*.

Все необходимые наблюдения и анализы проводились по общепринятым в растениеводстве методикам. Обработка опытных данных проводилась дисперсионным методом статистического анализа [2, 6].

Результаты исследований и их обсуждение. Метеорологические условия в период проведения исследований значительно отличались от среднемноголетних показателей, особенно по количеству выпавших осадков. За основную часть периода вегетации в 2023 г. (первая декада мая – третья декада

августа) сумма активных температур превысила норму на 6,4 %, а количество атмосферных осадков было ниже ее на 35,4 %.

За основную часть весенне-летней вегетации в 2024 г. (первая декада мая – третья декада августа) сумма активных температур превышала норму на 10,8 %, а количество атмосферных осадков было ниже ее на 17,1 % при неравномерном их выпадении. Гидротермический коэффициент за указанный выше период составил 1,16 при норме для региона, где проводили исследования, 1,55. Это дает основание считать, что погодные условия в текущем году в период вегетации не в полной мере были благоприятными для роста и развития изучаемых культур.

Погодные условия вегетационного периода 2024 г. обусловили эпифитотийное развитие болезней листового аппарата и колоса зерновых культур. Способность возбудителя мучнистой росы развиваться в широком диапазоне влажности воздуха и искусственная инокуляция посевов возбудителями болезней колоса позволили оценить эффективность изучаемых препаратов против данных инфекций.

Искусственную инокуляцию опытных вариантов яровой пшеницы фузариозом колоса *(Fusarium culmorum*) проводили за три дня (23.06.24) до обработки изучаемым препаратом Оскар, КЭ (таблица 1).

Таблица 1. Влияние фунгицидов на развитие фузариоза колоса на яровой пшенице

Вариант	Норма расхода, л/га	Развитие фузариоза колоса	
		%	БЭ, %*
Обработка 26.06.24			
1.Контроль (без обработки)	-	0,0	-
2. Оскар, КЭ	0,8		
3. Оскар, КЭ	1,2		
4. Прозаро, СК	1,0		
Обработка 05.07.24 – 10-й день после обработки вариантов			
1.Контроль (без обработки)	-	20,2	-
2. Оскар, КЭ	0,8	9,0	55,4
3. Оскар, КЭ	1,2	8,4	58,4
4. Прозаро, СК	1,0	8,2	59,4
Обработка 15.07.24 – 20-й день после обработки вариантов			
1.Контроль (без обработки)	-	63,8	-
2. Оскар, КЭ	0,8	23,4	63,3
3. Оскар, КЭ	1,2	22,8	64,3
4. Прозаро, СК	1,0	21,3	66,6

* - биологическая эффективность

На 10-й день после обработки фунгицидом Оскар, КЭ с нормой расхода 0,8 л/га развитие фузариоза колоса составило 9,0 %, с нормой расхода 1,2 л/га – 8,4 %. На 20-й день после проведения обработки этим фунгицидом с нормой расхода 0,8 и 1,2 л/га развитие болезни составило 23,4 и 22,8 % соответственно. Биологическая эффективность фунгицида Оскар, КЭ находилась на уровне применения эталонного варианта Прозаро, СК.

Учет поражения яровой пшеницы мучнистой росой проводили на фоне естественного заражения. Накануне проведения фунгицидной обработки в фазу «флаговый лист» развитие болезни составило 3,4 %.

Учеты показали, что изучаемый фунгицид Оскар, КЭ (0,8–1,0 л/га) по биологической эффективности против мучнистой росы не уступал эталону Прозаро, КЭ в норме расхода 1,0 л/га. На 10 день после обработки препаратом Оскар, КЭ с нормой расхода 0,8 и 1,0 л/га развитие мучнистой росы составило 1,8 %, Изучаемый препарат Оскар, КЭ обеспечивал защиту на 66,0–67,2 % и не уступал по эффективности эталону Прозаро, СК. На 25-й день после проведения обработки изучаемым фунгицидом с нормой расхода 0,8 л/га развитие болезни в вариантах обработки составило 1,6 %, а с нормой расхода 1,0 л/га – 1,4 %, при этом биологическая эффективность находилась на уровне 70,6–73,8 %. Эффективность применения фунгицида Оскар, КЭ в двух нормах расхода на всех этапах учета не уступала эталонному варианту Прозаро, КЭ.

В фазу выхода флагового листа яровой пшеницы была проведена фунгицидная обработка с целью защиты листового аппарата от септориоза листьев. На момент проведения учета на двух верхних листьях (10-й день после обработки) развитие септориоза в контроле составило 5,1 %. Биологическая эффективность фунгицида Оскар, КЭ составила 76,5–84,3 %. В эталонном варианте биологическая эффективность против септориоза листьев составила 72,5 %. В результате эффективной защиты пшеницы яровой фунгицидом Оскар, КЭ были получены достоверные прибавки урожайности от 3,2 до 3,8 ц/га (таблица 2).

Таблица 2. Влияние фунгицида Оскар, КЭ на урожайность и элементы структуры яровой пшеницы при обработке против листовых болезней (среднее за 2023-2024 гг.)

Вариант	Норма расхода, л/га	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность	
					ц/га	± ц/га
1. Контроль (без обработки)	-	32,8	1,2	17,4	53,2	-
2. Оскар, КЭ	0,8	33,9	1,5	18,0	56,4	+3,2
3. Оскар, КЭ	1,0	34,6	1,6	18,3	57,0	+3,8
4. Прозаро, СК	1,0	35,7	1,8	18,8	56,6	+3,4
$НСР_{05}$		*1,8*	*0,3*	*0,6*	*2,8*	

Заключение

1. Учеты показали, что изучаемый фунгицид Оскар, КЭ в норме расхода 0,8–1,0 л/га по биологической эффективности против мучнистой росы и септориоза листьев не уступал аналогу Прозаро, СК в норме расхода 1,0 л/га.

2. В среднем за два года исследований применение препарата Оскар, КЭ в фазу «флаговый лист» привело к увеличению массы зерна с колоса на 25,0–33,0 %, массы тысячи зерен – на 3,4–5,2 % по сравнению с контролем и

обеспечило сохранение урожая в пределах 3,2–3,8 ц/га зерна в зависимости от применяемой нормы расхода препарата.

3. Фунгицид Оскар, КЭ показал высокую хозяйственную эффективность против наиболее опасных болезней культуры, поэтому рекомендуется применять его в посевах яровой пшеницы, размещенных после благоприятных предшественников.

Литература

1. Привалов Ф. И. Возделывание яровой мягкой пшеницы: отраслевой регламент // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, технических и кормовых растений: сборник отраслевых регламентов / РУП НПЦ по земл.; Ф. И. Привалов [и др.] – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – С. 39-47.

2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: С основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов / Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва: Колос, 1985. – 416 с.

3. Заима, А. А. Эффективность применения фунгицидов против болезней пшеницы озимой / А. А. Заима // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 2. – С. 44-46.

4. Интегрированные системы защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: (рекомендации) / С. В. Сорока [и др.]. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2012. – 176 с.

5. Гутковская, Н. С. Эффективность фунгицида Страж в защите сахарной свеклы и яровой пшеницы от основных болезней / Н. С. Гутковская, М. А. Калясень, М. М. Гриценко // Земледелие и защита растений. –2013. – № 3. – С. 42-44.

6. Растениеводство. Полевая практика. Под ред. проф. Д. И. Мельничука. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 296 с.

7. Каталог препаратов компании «Zemlyakoff». – Режим доступа: zemlyakoff.com›katalog-preparatov/fungiczidyi/. – Дата доступа: 11.06.2025.

8. Сайт РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://izis.by/glavnoe-menyu/sorta-i-gibridyi/sorta/pshenicza-yarovaya/pshenicza-yarovaya-vestochka-17. – Дата доступа: 25/04/2026.

9. Манылова, О. В. Влияние биологических фунгицидов на урожайность и развитие септориоза на посевах пшеницы / О. В. Манылова, С. В. Жаркова [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://intjournal.ru/wp-content/uploads/2020/02/Manylova.pdf. – Дата доступа: 29/04/2026.

10. Доронин, В. Г. Влияние фунгицидов и их смесей с регулятором роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / В. Г. Доронин, Е. Н. Ледовский // Агрохимия. – 2021. – № 10. – С. 17-21.

11. Лавринова В. А. Фунгициды на яровой пшенице / В. А. Лавринова, И. М. Евсеева // Зерновое хозяйство России. – 2015;(1). – С. 141-149.

12. Петрова, Н. Г. Использование стробилуринов для защиты яровой пшеницы / Н. Г. Петрова // Материалы международной научно-практической конференции "Современные технологии и средства защиты растений - платформа для инновационного освоения в АПК России" 8-12 октября 2018 г. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2018 – С. 121-123.

EFFICIENCY OF THE FUNGICIDE OSCAR, EC IN SPRING WHEAT

O.V. Klochkova, V.V. Kholodinsky, N.L. Kholodinskaya

The paper presents the results of studying the efficiency of application of the fungicide Oscar, EC to spring wheat. The experiments carried out for two years established its high biological efficiency against leaf diseases. The studied doses of its application allowed forming a

high grain yield of 56.4–57.0 c/ha. The application of Oscar, EC at the flag leaf stage contributed to the increase of the ear grain weight by 25.0-33.0 %, the 1000-grain weight by 3.4-5.2 % compared to the control and provided yield saving by 3.2-3.8 c/ha depending on the application rate of the preparation.

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

УДК 633.111«324»:631.524.84

АНАЛИЗ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ПРОДУКТИВНОСТИ

***Е. И. Лобач*[1], *Э. П. Урбан*[2],** *доктор с.-х. наук*
[1]*ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений»*
[2]*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»*
(Дата поступления статьи в редакцию 30.03.2026)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. *Проведен анализ мировой коллекции пшеницы мягкой озимой по элементам структуры урожая. Выделены сорта для селекции пшеницы озимой по одному или комплексу хозяйственно-ценных признаков (урожайность, длина колоса, масса зерна с колоса, количество зерен в колосе, масса 1000 зерен).*

Введение. Для современного земледелия актуальны, во-первых, разработка агротехнических мероприятий, обеспечивающих реализацию в хозяйствах уже достигнутого селекционерами высокого уровня урожайности и, во-вторых, выявление новых источников для дальнейшего повышения потенциальной продуктивности и экологической пластичности растений.

Продуктивность растения, от которой в наибольшей степени зависит интегрирующий показатель – урожайность, является одним из наиболее модифицирующихся признаков и детерминируется плейотропным взаимодействием сложного комплекса генетических факторов и условий окружающей среды [1]. В обеспечении республики собственным зерном пшеницы одно из главных мест принадлежит сорту. Новые сорта озимой пшеницы должны обладать стабильной урожайностью, высокой зимостойкостью, устойчивостью к болезням, высоким качеством зерна [2]. Один из путей создания новых сортов – изучение коллекции с целью поиска сортообразцов, превосходящих стандарт по отдельным или комплексу хозяйственно-ценных признаков для привлечения их в качестве родительских форм при создании нового исходного материала [3].

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2007-2009 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в селекционном севообороте. Закладка опытов, проведение учетов и наблюдений проводились по общепринятым методикам. Предшественник – озимый рапс. Площадь делянки – 5 м^2. В качестве стандарта использовали сорт Капылянка, который размещался через 10 образцов.

Метеорологические условия различались в годы проведения исследований по температурному режиму и сумме выпавших осадков. В августе-сентябре 2007 г. и 2008 г. осадков выпало в 2,5 раза меньше среднемноголетней нормы, что привело к более позднему появлению всходов и менее интенсивному развитию растений озимой пшеницы осенью, но условия перези-

мовки для озимой пшеницы были достаточно благоприятными. Самой холодной была первая декада января –8,8 ºС. Температура воздуха на глубине узла кущения во время перезимовки не опускалась ниже –6,0 ºС. Засушливые условия первой декады июня (4 % осадков от многолетней нормы при средней температуре 16,3 ºС) привели к удлинению межфазных периодов трубкование – колошение и колошение – цветение). Во второй декаде июля осадков выпало 269 % от нормы (75,2 мм), что привело к полеганию посевов. Период налива зерна проходил в благоприятных условиях ($t_{ср}$ 18,1 ºС, осадки – 124 % от нормы). Обильные осадки во второй декаде июля и третьей декаде августа способствовали медленному созреванию зерна и увеличению сроков уборки. Температура воздуха в сентябре и октябре 2009 г. во всех декадах, за исключением 2 декады сентября, превышала среднемноголетние значения. При этом количество выпавших осадков превышало среднемноголетние значения за данный период времени – 164,9 мм при норме 145 мм. Очень важно, чтобы в период прорастания и всходов влагообеспеченность была или в пределах нормы (1 декада сентября) или незначительно выше (2 декада сентября). Это способствует дружному и равномерному появлению всходов. В зимний период погодных катаклизмов не наблюдалось, поэтому растения перезимовали хорошо.

В ранневесенний период температурный фон, начиная с 1 декады марта по 1 декаду мая включительно, превышал среднемноголетние значения, при этом температура в 3 декаде апреля и 1 декаде мая была выше нормы на 1,5–2,5 ºС, в то же время в данных декадах наблюдался дефицит осадков. В 3 декаде апреля осадков вообще не отмечалось, а в 1 декаде мая их было только 12 % от нормы. Начиная со второй декады мая по вторую декаду июня количество осадков (за 4 декады) превысило норму почти в 10 раз, а во второй декаде мая и июня выпало по три среднедекадные нормы осадков. В то же время температура воздуха в первых двух декадах июня была ниже среднемноголетних значений, что не способствовало интенсивному развитию листовых болезней (мучнистой росы). Однако, начиная с 3 декады июня по 3 декаду июля, температура воздуха повысилась до среднегодовых значений или превысила их, что создало благоприятные условия для развития болезней колоса.

В дальнейшем, вплоть до уборки, температура воздуха была близкой к среднемноголетним значениям или превышала на 1,1 ºС (2 декада августа), в то время как в первой декаде августа выпало всего лишь 2 % осадков от нормы, что создало благоприятные условия для уборки урожая

Обсуждение результатов исследований. В период 2008–2010 гг. исследований в коллекционном питомнике изучалось 69 сортов пшеницы мягкой озимой разного эколого-географического происхождения (рисунок 1).

Основную долю среди изучаемых сортов в коллекционном питомнике составили сорта польской, английской и немецкой селекции – от 12 до 19 сортов. Количество изучаемых сортов австрийской, французской, американ-

ской чешской, шведской, отечественной и российской селекции колебалось в пределах от одного до пяти.



Рисунок 1. Распределение сортов пшеницы озимой в коллекционном питомнике по станам происхождения в 2008–2009 гг.

За период исследований продуктивная кустистость в среднем составила 2,2 стебля на 1 растение, варьируя в зависимости от сорта от 1,7 до 3,3 штук. В 2008 году отмечалось наибольшее количество стеблей на растение (2,7 стеблей), что связано с хорошим развитием растений в осенний период и благоприятными погодными условиями во время начала весенней вегетации. У некоторых образцов количество продуктивных стеблей на растение достигало 4,1–4,4 (STH 107 (Польша) и Узлет (Беларусь). В 2009 году в среднем по коллекции на одном растении насчитывалось 1,8 штук продуктивных стеблей. Образцы, которые ежегодно превосходили стандартный сорт по количеству продуктивных стеблей на одном растение, в среднем за 3 года представлены в таблице 1. Уровень изменчивости данного признака характеризовался средней степенью (V=16,9 %). Продуктивная кустистость стандартного сорта ***Капылянка*** за годы проведения исследований составила 2,1 шт. продуктивных стеблей на растении. Незначительно превзошли стандарт по данному признаку 29 сортов: ***Узлет*** (Беларусь), ***Волжская С1*** (Россия) – 3,3, ***Кубус*** (Германия) – 3,0; ***STH 107*** (Польша), ***Волжская 22*** (Россия) – 2,9; ***Церто*** (Германия), ***Галина*** (Россия) – 2,7; ***STH 582*** (Польша) – 2,6; ***Wasp*** (Англия), ***Ларс*** (Германия), ***Волжская 5***, ***Московская 39*** (Россия), ***Hart*** (США) – 2,5; ***Bruden***, ***Alta***, ***Caprimus*** (Англия), ***Bussard*** (Германия), ***STH 259***, ***Weneda*** (Польша), ***Saskia*** (Чехия) – 2,4; ***Leo*** (Англия), ***Саната*** (Беларусь), ***Joleen*** (США), ***Дорота*** (Франция) – 2,3; ***Diablo*** (Англия), ***Щара*** (Беларусь), ***Taras*** (Германия), ***Olcha*** (Польша), ***Brigadier*** (Франция) – 2,2 штук продуктивных

стеблей на растение. Уровень изменчивости данного признака характеризовался средней степенью (V=16,9 %).

За время проведения исследований урожайность зерна характеризовалась средним уровнем изменчивости (V=19,2 %). Разница коэффициента вариации в 2008 г. и 2009 г. была несущественной и составила от 19,9 % до 24,6 %.

Оценка урожайности сортов озимой пшеницы при группировке по странам показала, что урожайность белорусских сортов колебалась в среднем от 545,0 г/м^2 до 913,0 г/м^2. Сорт ***Саната*** отличался стабильностью по двум годам исследования – 962 и 864 граммов. Сорта РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» ***Саната*** и ***Щара*** обеспечили прибавку к контрольному сорту ***Капылянка*** за годы исследования 368 г/м^2 309,5 г/м^{2}и соответственно. Сорта польской селекции ***STH 582***, ***STH 1198***, ***STH 189***, ***STH 254*** превзошли контроль на 75,5–202,0 г/м^2 (13,9–37,0 %). Сорт ***STH 582*** за годы исследований сформировал самую высокую урожайность среди польских сортов – 747 г/м^2. Среди сортов английской селекции лучше себя проявили сорта ***Caprimus*** и ***Kriss,*** прибавка урожайности по отношению к контролю составила 82,0–142,5 г/м^2 (таблица 1).

Таблица 1. Урожайность сортов пшеницы мягкой озимой (среднее за 2008–2009 гг.)

Сорт, сортообразец	Страна	Урожайность, г/м^2	+ г/м^{2}к контролю	% от контроля
Капылянка (контроль)	Беларусь	545,0	-	-
Саната	Беларусь	913,0	368,0	67,5
Щара	Беларусь	854,5	309,5	56,8
STH 582	Польша	747,0	202,0	37,0
STH1198	Польша	675,5	130,5	23,9
STH 189	Польша	658,0	113,0	20,7
STH 254	Польша	620,5	75,5	13,9
Kriss	Англия	687,5	142,5	26,1
Кубус	Германия	785,5	240,5	44,1
Центос	Германия	762,0	217,0	39,8
Ларс	Германия	741,5	196,5	36,0
Комплимент	Германия	717,5	172,5	31,7
Марабу	Германия	696,5	151,5	27,8
Borenos	Германия	717,0	172,0	31,6
Ortler	Германия	662,5	117,5	21,6
Andros	Германия	652,5	107,5	19,7
Alana	Чехия	681,0	136,0	25,0
$НСР_{05}$		46,5		

Стабильно высокую урожайность сформировали сорта немецкой селекции ***Комплимент***, ***Центос***, ***Ларс***, ***Кубус***, ***Bandit***, ***Марабу***, ***Ortler***, ***Borenos***, ***Andros***. Урожайность данных сортов превысила контроль на 652,5–785,5 г/м^2 (16,3–44,1 %). Среди чешских сортов лучше себя проявили сорта ***Siria*** и

Alana, прибавка урожайности по отношению к контролю составила 83,0–36,0 г/м^2.

Длина колоса за годы исследований в среднем по коллекции составила 8,5 см с колебаниями по данному признаку в среднем в зависимости от года исследования от 8,1 до 9,7 см.

Наиболее длинным колосом за время проведения наших исследований отличались следующие сорта: ***Узлет***, ***Саната***, ***Щара*** (Беларусь) – 9,9–9,7 см, ***Галина*** (Россия) – 10,0 см, ***Taras***, ***Ambras*** (Германия) – 9,8–9,7 см, ***Cache*** (США) – 9,7 см, ***Alana*** (Чехия), ***Турния*** (Польша) – 9,6 см, ***Волжская С-1*** (Россия) – 9,6 см. Превышение по признаку длина колоса у этих сортов над стандартом составило 0,3–0,6 см (3–7 %)

Установлено, что длина колоса является средне изменчивым признаком (V=10,3 %) и в средней степени влияет на семенную продуктивность растения (r=0,42).

Число зерен в колосе в среднем по коллекции за годы исследований составило 34,0 шт. В 2008 году, наиболее благоприятном по своим климатическим условиям, озарённость колоса в среднем по питомнику составила 41 шт., а в менее благоприятном 2009 году – 30 шт. Контрольный сорт ***Капылянка*** за годы исследований сформировал 31 зерно в колосе. Существенное превышение над контролем по данному признаку имели следующие сорта пшеницы озимой: ***Bandit***, ***Taras***, ***Bovitus***, ***Bison*** (Германия) на 9–15 зерен в колосе (29,7–48,5 %), ***STH 1198***, ***STH 582***, ***STH 259*** (Польша) на 8–15 зерен в колосе (26,0–46,9 %), ***Alta***, ***Diablo***, ***Woodstok***, ***Wasp***, ***Bruden*** (Англия) на 8–14 зерен в колосе (24,5–45,0 %), ***Узлет***, ***Саната*** (Беларусь) на 10–13 зерен в колосе (32,8–41,6 %), ***Cache*** (США) на 9 зерен в колосе (30,5 %). В результате проведенного структурного анализа выявлено, что **количество зерен в главном колосе** является среднеизменчивым признаком (V=17,2 %).

По признаку **плотность колоса** 5 образцов относились к рыхлоплотным и 49 образцов относились к среднеплотным. В результате проведенных исследований нами выявлены корреляционные зависимости средней силы между плотностью колоса и длиной верхнего междоузлия (r=0,30), высотой растения (r=0,34), числом колосков (r=0,42). Между плотностью колоса и длиной колоса отмечена отрицательная зависимость средней силы (r=-0,33). За время исследований среднее значение плотности колоса составило 18,3 колосков/длину колоса. Данный признак относится к слабоизменчивым (V=8,1 %) и находился в среднем годы исследования в пределах от 15,3 до 21,4 колосков/длину колоса.

Средняя **масса 1000 зерен** по коллекции за годы исследований составила 45,6 г. В 2008 году сложились хорошие погодные условия для налива зерна, что способствовало высокой массе 1000 зерен (49,8 г). В 2009 году во время формирования зерна отмечались засушливые условия, что способствовало снижению массы 1000 зерен в среднем по коллекции на 5,4 г (11,7%). Крупным хорошо выровненным зерном (масса 1000 зерен более 40 г) отличался российский сорт ***Волжская 5***; немецкие ***Ларс***, ***Кубус***, ***Церто***, ***Ambras***,

Hai; чешские ***Alana***, ***Pavlina;*** польский ***STH 189***; белорусский ***Узлет***; английский ***Wasp***. У контрольного сорта ***Капылянка*** масса 1000 зерен составила 45,6 г. Среди российских сортов прибавка составила 8,2 г (18,1 %), немецких – 3,9–8,2 г, чешских – 4,7–4,9 г, польских – 3,8 г, английских – 2,8 г (таблица 2). Установлено, что данный признак относится к среднеизменчивым (V=11,5 %), также выявлена корреляционная зависимость средней силы (r=0,47) между массой 1000 зерен и массой зерна с колоса, в то же время зависимость между массой 1000 семян и массой семян с растения была слабой силы (r=0,19).

Таблица 2. Сорта пшеницы озимой мягкой, выделенные по массе 1000 зерен

Сорт, сортообразец	Страна	Масса 1000 зерен, г				
		2008 г.	2009 г.	среднее за 2 года		
				г	± к контролю, г	± к контролю, %
Капылянка (контроль)	Беларусь	47,9	43,3	45,6	-	-
Волжская 5	Россия	55,6	52,1	53,8	8,2	18,1
Ларс	Германия	65,7	41,9	53,8	8,2	18,0
Кубус	Германия	63,8	43,2	53,5	7,9	17,4
Церто	Германия	64,0	37,0	50,5	4,9	10,7
Alana	Чехия	51,1	50,0	50,5	4,9	10,8
Pavlina	Чехия	53,4	47,1	50,3	4,7	10,3
Ambras	Германия	50,6	49,3	50,0	4,4	9,5
Hai	Германия	52,2	46,8	49,5	3,9	8,5
STH 189	Польша	55,3	43,5	49,4	3,8	8,3
Узлет	Беларусь	54,8	42,5	48,6	3,0	6,6
Wasp	Англия	49,8	46,9	48,4	2,8	6,0
Среднее по коллекции, г		46,2	40,8	43,5	-2,1	-4,6
$НСР_{05}$				2,3		

Выводы

Сравнительное изучение коллекции позволило выделить сорта по отдельным или комплексу хозяйственно-полезных признаков (масса зерна с 1 $м^2$, длина колоса, число зерен в колосе, масса 1000 зерен):

Саната (Беларусь) – по урожайности, длине колоса, числу зерен в колосе; ***Узлет*** (Беларусь) – по длине колоса, количеству зерен в колосе, массе 1000 зерен; ***Щара*** (Беларусь) – по урожайности, длине колоса; ***STH 582***, ***STH 1198*** (Польша) – по урожайности, количеству зерен в колосе; ***STH 189*** (Польша) – по урожайности, массе 1000 зерен; ***STH 254*** (Польша) – по урожайности; ***STH 259*** (Польша) – по количеству зерен в колосе; ***Турния*** (Польша) – по длине колоса; ***Caprimus***, ***Kriss*** (Англия) – по урожайности; ***Alta, Bruden, Diablo, Caprimus***, ***Leo,*** (Англия) – по количеству зерен в колосе; ***Wasp*** (Англия) – по количеству зерен в колосе, массе 1000 зерен; ***Кубус*** (Германия) – по урожайности, числу зерен в колосе, массе 100 зерен; ***Центос, Ларс, Комплимент Марабу, Borenos, Ortler, Andros*** (Германия) – по урожайности; ***Церто***, ***Hai*** (Германия) – по массе 1000 зерен; ***Taras*** (Германия) –

по длине колоса, количеству зерен в колосе; ***Ambras*** (Германия) –по длине колоса, количеству зерен в колосе, массе 1000 зерен; ***Bovitus***, ***Bison***, ***Bandit*** (Германия) – по количеству зерен в колосе; ***Alana*** (Чехия) – по урожайности, длине колоса, массе 1000 зерен; ***Siria*** (Чехия) – по количеству зерен в колосе; ***Pavlina*** *(Чехия)* – по массе 1000 зерен; ***Галина*** (Россия) – по длине колоса; ***Волжская С-1***, ***Волжская 5*** (Россия) – по длине колоса, количеству зерен в колосе; ***Волжская 22*** (Россия) – по массе 1000 зерен; ***Cache*** (США) – по длине колоса, количеству зерен в колосе; ***Дорота*** (Франция) – по количеству зерен в колосе.

Выделившиеся образцы могут быть использованы в дальнейшем в селекционном процессе для создания новых высокопродуктивных сортов пшеницы мягкой озимой.

Литература

1. Ничипорович, А.А. Потенциальная продуктивность растений и принципы оптимального ее использования / А.А. Ничипорович // С.-х. биология. – 1979. – Т. 14, № 6. – С. 683-685.

2. Коледа, К.В. Озимая мягкая пшеница: методы селекции, технология возделывания / К.В. Коледа. – Гродно: УО «ГГАУ», 2004. – С. 6.

3. Пухальский, А.В. генофонд рода Triticum L. как исходный материал для селекции /А.В. Пухальский [и др.]. – С-Пб.: ВІР, 2003. – С. 8

ANALYSIS OF THE WORLD COLLECTION OF SOFT WINTER WHEAT ON THE PRODUCTIVITY ELEMENTS

E.I. Lobach, E.P.Urban

The analysis of the world collection of soft winter wheat on the elements of the yield structure was conducted. The varieties for breeding of winter wheat in terms of one or a set of economically important traits (yield, ear length, grain weight per ear, number of grains per ear, 1000-grain weight) were identified.

УДК 633.13:631.524.85

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОВСА ПО ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ

А. Г. Власов, *доктор с.-х. наук,* ***М. Ф. Носкевич,*** *мл. научный сотрудник*
Т. М. Булавина*, доктор с.-х. наук*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 12.03.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты исследований по сравнительной оценке в селекционном процессе образцов овса на засухоустойчивость. В результате использования лабораторных и полевых методов выделено 6 генотипов отличающихся повышенной устойчивостью к засухе, которые стали основой отечественной коллекции по этому признаку*.

Введение. Получение стабильно высоких урожаев зерновых культур является приоритетной задачей сельскохозяйственных производителей всех стран. Для того чтобы производство зерна в Беларуси было устойчивым и экологически безопасным, кроме совершенствования элементов технологий возделывания культур, необходимо использование высокоадаптивных, устойчивых к неблагоприятным условиям сортов.

В последние годы в республике увеличилось количество засушливых явлений, ведущих к снижению урожайности зерновых культур. При этом наиболее опасные майские почвенные засухи случаются в шести-семи годах из десяти [1, 2]. Потепление климата актуализировало потребность в создании экологически пластичных и стабильных сортов зерновых культур, успешно реализующих свой потенциал в засушливых условиях. Это в свою очередь требует от селекционеров совершенствования существующих подходов для оценки селекционного материала по вышеуказанному признаку, а также разработки новых методов оценки. Важное значение подобные исследования имеют и для культуры овса.

Овес является традиционной культурой белорусских полей. В 2025 г. он высевался на площади 143 тыс. га. Потребность отрасли животноводства в зерне этой культуры в 2024–2025 гг. составляла 304,3–313,0 тыс. тонн, а также ежегодно около 30 тыс. тонн перерабатывается на крупу, хлопья, муку. Являясь одной из низко маржинальных культур, овес возделывается преимущественно на легких почвах, которые испытывают систематический дефицит влаги. На таких почвах ранние сроки сева (при наступлении физической спелости почвы) определяют уровень будущей урожайности.

Недостаток влаги в почве во время сева овса снижает полевую всхожесть и тормозит развитие вторичной корневой системы. Дефицит осадков в первой половине вегетации негативно влияет на процесс формирования у растений генеративных органов, что приводит к снижению потенциала зерновой продуктивности. Для получения высокого урожая овса полевая влагоемкость во все периоды роста и развития должна находиться на уровне 70–80 %. При этом дружные и равномерные всходы появляются при влагообеспеченности пахотного горизонта не ниже 60–70 % [3, 4].

Учитывая вышеизложенное, актуальным является проведение исследований по дифференциации селекционного материала овса по признаку засухоустойчивости для создания современных высокоадаптивных сортов. Ранее в публикациях [5, 6] нами была представлена новая методика оценки селекционных образцов по засухоустойчивости при проращивании семян на наклонной плоскости в сравнении с другими методами. Настоящие исследования призваны прояснить соответствие этих методик на продуктивность растений овса в условиях искусственно созданной засухи.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в лаборатории овса РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в лабораторных и полевых условиях в 2021–2025 гг.

Для оценки засухоустойчивости селекционного материала овса в лабораторных условиях использовали несколько методик. Первая основана на анализе депрессии ростовых процессов при проращивании семян в слабонасыщенном (3,8 %) растворе сахарозы и воде в изложении Л.О. Петункиной [7]. Вторая методика сравнения – это собственная разработка, основанная на имитации условий дефицита влаги при проращивании семян до стадии первого листа на слое фильтровальной бумаги, закрепленной на наклонной плоскости, нижняя часть которой помещена в растильню с водой [5, 6].

Исследования в полевых условиях проводили на полях селекционно-семеноводческого комплекса «Перемежное» Смолевичского района.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, супесчаная, подстилаемых с глубины 0,7 м суглинистой мореной. Агрохимические показатели пахотного горизонта: pH (в KCl) – 5,8–6,2, подвижный P_2O_5 – 260–340 мг, обменный K_2O – 200–300 мг на 100 г почвы, гумус – 2,1–2,3 %. Предшественником овса являлась гречиха. Обработка почвы – зяблевая вспашка осенью и двукратная культивация весной перед посевом. Удобрения в дозах $P_{80}K_{100}$ вносили осенью, N_{90} – весной под предпосевную культивацию. Засушник устанавливали в полевых условиях с организацией отведения осадков с периметром в 4 м. Оценка морфо-биометрических показателей растений овса проводилась согласно общепринятым методикам.

Результаты исследований и обсуждение. Проведенный анализ депрессии ростовых процессов образцов овса в 3,8 % растворе сахарозы выявил, что наибольшая вариация признака депрессии отмечается по длине проростка, коэффициент вариации составил 21,8 %. Значение этого показателя по депрессии средней длинны корня составляло 15,3 %. В этой связи для дифференциации образцов овса по признаку засухоустойчивости основное внимание было направлено на различия в длине проростка.

Длина проростка исследуемых образцов изменялась в пределах 1,84–4,06 см – в воде и 0,91–2,44 см – в растворе сахарозы. Имитация засушливых условий посредством 3,8 % раствора сахарозы снижала длину проростка до 32,1–78,1 %, среднюю длину корня – до 46,4–92,8 % (таблица 1).

Сравнительный анализ результатов депрессии ростовых процессов в 3,8 % растворе сахарозы и сравнение полученных результатов с данными проращивания семян на наклонной плоскости выявил высокую долю совпадений, а имеющиеся различия могут быть объяснены реакцией генотипов и достаточно условным распределением образцов по группам.

Таким образом, использование разработанного метода лабораторной оценки засухоустойчивости образцов овса на наклонной плоскости, а также метода проращивания семян в 3,8 % растворе сахарозы в изложении Л.О. Петункиной обеспечили схожие результаты. Это свидетельствует о возможности их использования на культуре овса для выделения засухоустойчивых форм в селекционном процессе.

Таблица 1. Сравнение методов оценки засухоустойчивости образцов овса по депрессии ростовых процессов в 3,8 % растворе сахарозы и при проращивании на наклонной плоскости

Проращивание на наклонной плоскости			Проращивание в 3,8 % растворе сахарозы			
группа устойчивости	ИР, %	образец, №	образец, №	относительная длина проростка, %	относительная длина корня, %	группа устойчивости
1	61,4–70,4	20, 30, 32, 34, 41, 48, 49, 50	3, 4, 5, 10, 20, 21, 22, 24, 30, 32, 34, 37, 38, 41, 42, 45, 48, 49, 50, Ассоль, Мирт, Скорпион	61,0–78,1	62,6–92,8	1
2	55,0–59,6	2, 3, 5, 21, 22, 24, 37, 38, 42, 45, Скорпион, Мирт				
3	51,1–54,8	1, 4, 7, 10, 16, 19, 23, 35, 47, Ассоль	1, 2, 6, 7, 16, 17, 19, 23, 29, 35, 47, Квант	51,6–59,0	58,3–68,9	2
4	45,3–49,6	6, 8, 11, 12, 13, 15, 17, 29, 36, 39, 40, Spontanie 169, Mussouri 4102, Квант, Реверанс	8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 25, 33, 36, 39, 40, 51, Spontanie 169, Mussouri 4102, Реверанс, Десант	41,0–49,4	53,4–59,7	3
5	40,0–43,6	9, 14, 25, 33, 51				
6	18,0–39,1	26, 27, 28, 31, 43, 44, 46, Десант	26,27, 28, 31, 43, 44, 46	32,1–39,4	46,4–55,2	4

Изучаемые образцы овса оценивались в полевых условиях в конкурсном сортоиспытании и одновременно в специально созданном засушнике. Установлено, что в наибольшей степени они различались по количеству зерен в метелке и массе зерна с метелки. Так, в полевых условиях значение этих показателей изменялось в диапазоне 33,3–54,5 шт. и 1,27–2,14 г, в условиях созданной засухи они составили 17,3–17,8 шт. и 0,13–0,38 г соответственно. В среднем количество зерен в метелке при водном стрессе снижалось в 3,3 раза, масса зерна в метелке в 5,7 раз, масса 1000 зерен уменьшалась в среднем в 2,1 раза, высота растений в 1,6 раза, фотосинтетический потенциал в 2,3 раза (таблица 2).

Отмечено, что в условиях искусственно созданной засухи в меньшей степени снижались морфо-биометрические показатели растений исследуемых образцов, выделенных в 1, 2 и 3 группу устойчивости к засухе лабораторным методом, а в наибольшей степени – в 6 группу.

Таблица 2. Морфо-биометрические параметры образцов овса в конкурсном сортоиспытании и засушнике

Образец, № (индивидуальный код)	Длина метелки, см		Количество зерен в метелке, шт.		Масса зерен в метелке, г		Масса 1000 зерен, г		ФПП, млн. $м^2$/га х дней	
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2
Мирт	15,1	14,3	38,3	13,3	1,62	0,26	42,3	19,5	2,00	0,88
1	14,2	13,8	37,3	13,3	1,65	0,24	41,2	18,0	2,05	0,89
2	14,6	14,2	45,9	13,7	1,84	0,26	40,1	19,0	1,92	0,83
3 (BYAS-18/28)	18,0	16,9	52,5	17,0	2,01	0,36	40,5	21,2	2,49	1,05
4	15,6	14,4	53,6	12,9	1,87	0,24	38,4	18,6	2,05	0,92
5 (BYAS-20/17)	17,8	16,3	48,5	17,3	1,85	0,35	38,8	20,2	1,92	0,96
6	18,2	14,5	54,5	14,1	2,14	0,28	42,1	19,9	2,38	1,08
7	15,5	14,2	46,8	13,5	1,77	0,24	37,8	17,8	2,12	0,91
8	16,2	14,4	41,7	12,8	1,69	0,24	40,5	18,8	1,85	0,82
9	19,2	15,7	45,5	13,4	1,89	0,25	40,7	18,7	2,26	1,00
10	18,5	16,4	36,4	16,3	1,54	0,30	41,3	18,4	2,20	0,95
11	16,7	15,6	47,5	12,5	1,74	0,26	39,2	20,8	2,26	0,97
12	15,6	14,5	50,3	12,6	1,98	0,22	39,5	17,5	2,02	0,90
13	14,7	14,3	49,1	11,2	1,74	0,19	38,9	17,0	2,17	0,93
14	16,8	14,8	34,6	10,6	1,48	0,19	42,8	17,9	2,10	0,95
15	17,5	14,0	48,1	11,6	1,89	0,20	41,3	17,2	1,96	0,84
16	17,2	17,0	44,1	15,7	1,70	0,30	39,1	19,1	2,14	0,96
17	16,6	15,3	37,7	10,9	1,49	0,22	39,8	20,2	2,08	0,93
18	15,1	14,8	38,5	15,3	1,61	0,33	41,8	21,6	2,15	1,01
19	17,6	16,6	41,6	15,3	1,66	0,37	39,9	24,2	1,97	0,87
20	15,8	15,2	39,7	14,9	1,61	0,29	40,8	19,5	2,07	1,03
21	16,3	15,8	42,7	14,9	1,56	0,26	38,5	17,4	1,85	0,82
22	16,5	14,5	38,5	16,3	1,63	0,32	42,3	19,6	1,97	0,88
23	16,2	15,5	46,6	13,9	1,75	0,26	37,6	18,7	2,16	1,03
24	19,8	17,0	44,1	13,9	1,80	0,29	40,8	20,9	1,99	0,85
25	15,4	14,2	33,3	9,5	1,27	0,17	38,6	17,9	1,82	0,76
26	15,6	13,5	40,5	10,5	1,61	0,17	40,0	16,2	2,08	0,86
27	16,6	14,3	39,9	11,0	1,60	0,20	40,4	18,2	2,16	0,84
28	16,8	13,8	36,9	8,5	1,58	0,14	42,8	16,5	1,93	0,64

29	16,2	15,3	33,1	10,5	1,29	0,21	38,1	20,0	1,78	0,74
30	17,0	16,7	41,1	13,5	1,67	0,28	40,7	20,7	2,38	1,06
31	15,8	13,9	42,7	8,3	1,61	0,13	37,9	15,7	2,33	0,72
32	15,5	15,8	41,7	14,4	1,53	0,26	38,7	18,1	2,18	0,99
33	16,2	15,3	40,2	12,0	1,66	0,24	41,3	20,0	2,03	0,89
34	15,4	15,1	39,2	13,2	1,55	0,26	39,5	19,7	2,11	0,90
35	15,5	14,8	46,2	16,1	1,89	0,32	41,2	19,9	1,97	0,85
36	14,6	13,0	38,9	11,6	1,55	0,20	40,6	17,2	1,78	0,77
37	15,7	14,5	45,8	15,5	1,69	0,29	40,0	18,7	2,21	0,98
38	14,7	14,8	47,7	15,6	1,83	0,31	39,6	19,9	2,15	0,92
39	19,3	14,3	50,1	12,8	1,99	0,24	40,0	18,8	2,16	0,89
40	16,6	15,0	53,3	14,0	1,96	0,25	36,8	17,9	2,40	0,94
41	15,7	14,8	49,3	16,7	1,85	0,31	38,9	18,6	2,34	0,98
42 (BYAS-24/42)	17,1	16,7	51,4	18,3	2,05	0,38	39,9	20,8	2,52	1,10
43	19,2	14,9	40,9	9,5	1,71	0,16	41,8	16,8	2,25	0,67
44	16,1	14,7	44,1	11,2	1,88	0,21	42,6	18,8	2,30	0,96
45	17,0	16,2	52,9	13,3	1,91	0,26	36,1	19,5	2,26	0,99
46	16,9	15,6	50,9	14,3	1,98	0,23	38,9	16,1	2,42	1,01
47 (BYAS-24/47)	16,3	15,6	52,5	17,8	2,08	0,38	39,6	21,3	2,40	1,10
48 (BYAS-24/48)	19,4	16,7	49,8	16,2	2,10	0,30	42,2	18,5	2,38	1,04
49	15,2	14,7	40,5	13,3	1,41	0,22	34,8	16,5	2,22	0,96
50 (BYAS-24/50)	15,2	15,2	43,9	14,7	1,86	0,30	42,4	20,4	2,37	0,95
51	15,2	13,5	44,9	14,0	1,80	0,28	40,1	20,0	2,13	0,93
Spontanie 169	15,6	12,2	36,4	11,4	1,21	0,19	34,6	16,7	1,69	0,73
Mussouri 4102	16,0	15,3	37,3	10,4	1,43	0,19	39,5	18,3	1,91	0,82
Ассоль	15,4	14,6	35,4	13,3	1,39	0,25	39,8	18,8	1,88	0,88
Десант	16,4	14,6	48,7	11,5	1,82	0,23	38,6	20,0	2,35	1,05
Квант	17,3	15,3	42,6	14,0	1,79	0,28	42,0	20,0	2,10	1,02
Реверанс	17,1	16,0	44,3	14,6	1,76	0,29	39,7	19,9	2,14	1,04
Среднее	16,4	15,0	43,8	13,4	1,70	0,3	39,9	18,9	2,1	0,9
Стандоклон	1,3	1,0	5,7	2,3	0,2	0,1	1,8	1,6	0,2	0,1
Коэф. вариации	8,0	6,8	13,0	17,1	12,2	22,5	4,5	8,4	9,1	11,5

Примечание – 1* – полевые условия; 2* – в условиях засушника.

По результатам комплексной оценки селекционных образцов в лабораторных, полевых условиях и условиях засушника выделено 6 генотипов, отличающихся повышенной устойчивостью к засухе и лучшими показателями массы зерна с метелки, массы 1000 зерен и ФПП – 3 (BYAS-18/28), 5 (BYAS-20/17), 42 (BYAS-24/42), 47 (BYAS-24/47), 48 (BYAS-24/48), 50 (BYAS-24/50).

Заключение

Использование для лабораторной оценки образцов овса по признаку засухоустойчивости разработанного метода проращивания на наклонной плоскости и метода проращивания семян в 3,8 % растворе сахарозы обеспечили схожие результаты.

По результатам изучения селекционных образцов овса в лабораторных, полевых, искусственной засухи (засушнике) условиях выделено 6 генотипов овса, отличающихся повышенной устойчивостью к засухе (BYAS-18/28, BYAS-20/17, BYAS-24/42, BYAS-24/47, BYAS-24/48, BYAS-24/50), которые переданы в банк генетических ресурсов растений Республики Беларусь как источник этого признака.

Литература

1. Клочков, А. В. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур / А. В. Клочков, О. Б. Соломко, О. С. Клочкова // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2019. – № 2. – С. 101–105.

2. Блетько, В. Н. Засухи в Беларуси / В. Н. Блетько, Н. В. Мельчакова // Родная прырода. Грамадска-палітычны, навукова-папулярны экалагічны часопіс. – 2019. – № 8. – С. 16-18.

3. Культурная флора. Т. 2, ч. 3. Овес / Н. А. Родионова [и др.] ; под ред. В. Д. Кобылянского, В. Н. Солдатова. – М. : Колос, 1994. – 368 с.

4. Баталова, Г. А. Овес в Волго-Вятском регионе / Г. А. Баталова. – Киров : Орма, 2013. – 287 с.

5. Власов, А.Г. Оценка селекционного материала овса по засухоустойчивости в лабораторных условиях // Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / А.Г. Власов, М.Ф. Носкевич, Т.М. Булавина // РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» ; редкол.: С.В. Кравцов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2025. – Вып. 61. – С. 170–177.

6. Власов, А.Г. Метод оценки образцов овса по засухоустойчивости в лабораторных условиях / А.Г. Власов, М.Ф. Носкевич, Т.М. Булавина // Актуальные проблемы и пути повышения эффективности растениеводства : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., г. Жодино, 25-26 июня 2025 г.

7. Петункина, Л.О. Физиологическая оценка устойчивости овса / Л. О. Петункина, С. В. Свиркова, Н. А. Маевская, А. А. Старцев // Вестник КемГУ, 2012. – № 4 (52) – Т. 1. – С. 20–24.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE OATS BREEDING MATERIAL FOR DROUGHT RESISTANCE

A. G. Vlasov, M. F. Noskevich, T. M. Bulavina

The paper presents the results of the research on the comparative evaluation of oats samples for drought resistance in the breeding process. As a result of using laboratory and field

methods, six genotypes with increased resistance to drought were identified which formed the national collection based on that trait.

УДК 633.358:631.527:631.524.86

ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ ГОРОХА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОРНЕВЫМ ГНИЛЯМ НА ЕСТЕСТВЕННОМ И ИСКУССТВЕННОМ ИНФЕКЦИОННОМ ФОНАХ

***Ю. А. Дашкевич**, кандидат с.-х. наук, **В. Ч. Шор**, кандидат с.-х. наук,*
***Ю. А. Сущевич**, кандидат с.-х. наук, **М. Н. Крицкий**, кандидат с.-х. наук,*
***О. В. Мядель**, кандидат с.-х. наук, **Л. М. Алисиевич**, научный сотрудник*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 27.02.2026)

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

***Аннотация**. Проведены маршрутные обследования посевов гороха в Беларуси, в результате которых был собран инфекционный материал и в лабораторных условиях выделено 34 штамма возбудителей корневых гнилей, преимущественно фузариозной этиологии, для создания искусственного инфекционного фона. По результатам оценки 6 сортов и 60 селекционных образцов гороха на устойчивость к корневым гнилям на естественном и искусственном инфекционном фонах выделено 6 образцов с повышенной устойчивостью к болезни и высокой продуктивностью.*

Введение. В Республике Беларусь горох является основной зернобобовой культурой, занимающей 80 % площадей всех зернобобовых культур, поэтому именно с ним связывают решение проблемы кормового белка в животноводстве. Потенциальная урожайность современных сортов гороха составляет 5,0–5,5 т/га и более, однако в производственных условиях не превышает 2,5–3,0 т/га и значительно различается по годам. Одним из лимитирующих факторов снижения продуктивности являются потери от вредных организмов. Посевы гороха поражаются комплексом инфекционных болезней, которые приводят не только к недобору урожая, но и снижению качества получаемого сырья, наиболее вредоносными из которых в настоящее время являются корневые гнили.

Корневые гнили могут появляться на растениях на протяжении всего периода вегетации от всходов в виде поражения зародышевых корней и проростков семян (загнивание) до бобообразования. Пораженные растения отстают в росте, постепенно желтеют, нередко при сильном поражении наблюдается их гибель [1, 2].

Болезнь корневой системы и прикорневой части стеблей растений гороха может быть вызвана одним или комплексом патогенов. В зависимости от возбудителя различают следующие виды корневых гнилей: фузариозная, ризоктониозная, питиозная, афаномицетная и прикорневая аскохитозная

гниль. Возбудителями корневых гнилей у бобовых растений являются грибы, в первую очередь из рода *Fusarium* и несколько реже – из родов *Aphanomyces, Pythium, Rhisoctonia* и др., иногда бактерии. В различных агроэкологических зонах страны обычно преобладает какой-либо один тип корневой гнили, являющийся наиболее вредоносным. При смешанной инфекции патогены могут причинять больший вред, чем каждый из них отдельно [3].

Одним из первых симптомов заболевания гороха фузариозной корневой гнилью является пожелтение нижних листьев, которое довольно быстро распространяется на все растение. У больных растений нередко загнивает колеоптиль, иногда гниль распространяется на соседние участки главного корня, разрушается кора основания стебля, стержневого и боковых корней [3, 4].

При поражении афаномицетной корневой гнилью ткань корней и прикорневой части стебля размягчается, становится водянистой и размочаливается. На тяжелых уплотненных почвах, особенно во влажные годы, развитие афаномицетной корневой гнили усиливается [4]. В таких условиях отрицательное воздействие на растения дополнительно оказывают и абиотические факторы, что приводит к изреживанию посевов гороха. Потери урожая от данного заболевания могут достигать 30–50 % и более [1, 2].

Следует заметить, что вредоносность заболевания в значительной степени варьирует по годам в зависимости от накопления в почве вирулентных форм, а также от агроклиматических условий года. В условиях республики фузариоз наиболее опасен, а недостаток влаги в отдельные годы усугубляет ситуацию. По данным мониторинговых исследований установлено, что около 85 % образцов гороха инфицированы грибами рода *Fusarium spp*., причем в засушливый год количество пораженных фузариозом растений увеличивается до 98,4 %.

В системе мероприятий по защите гороха от болезней важное место отводится именно устойчивым к болезням и технологичным сортам, в то время как применение химических средств защиты растений лишь временно улучшает ситуацию, в целом же приводит к осложнению экологической обстановки. Замена восприимчивых сортов новыми устойчивыми является наиболее доступным экономически и экологически оправданным способом защиты гороха от болезней [5, 6]. Однако ассортимент устойчивых к болезням сортов гороха не высокий. Устойчивые сорта служат фактором, сдерживающим эпифитотии, способствуют нормализации фитосанитарной обстановки в агроценозах и улучшают экологическую среду в целом.

Для создания болезнеустойчивых сортов необходим поиск и привлечение современных достижений науки, ускоряющих и повышающих результативность селекционного процесса. Одним из наиболее динамично развивающихся направлений, ориентированных на создание нового исходного материала для селекции, является оценка и отбор устойчивых генотипов на искусственных инфекционных фонах. Инфекционный фон является той средой, где в полной мере проявляются защитные свойства того или иного генотипа.

Цель наших исследований – определить возбудителей корневых гнилей гороха, их патогенность и провести скрининг созданных генотипов гороха на устойчивость к ним.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводились сотрудниками отдела зернобобовых культур и лаборатории иммунитета РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в лабораторных и полевых условиях. Погодные условия вегетационного периода 2024–2025 гг. характеризовались разнообразием как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков, и в отдельные периоды значительно отличались от среднемноголетних значений, что способствовало как умеренному, так и интенсивному развитию корневых гнилей на горохе.

Инфекционный материал возбудителей корневых гнилей выделялся из семян и корневой системы пораженных растений, собранных в посевах гороха по всей республике [7]. В качестве питательной среды для выделения возбудителей патогенов в чистую культуру применяли картофельно-глюкозный агар (КГА) [8]. Подготовку рулонов для оценки образцов гороха при искусственном заражении их в лабораторных условиях проводили согласно ГОСТ 12044–93. Инокуляцию семян проводили в суспензии спор *Fusarium oxysporum* + *Fusarium avenaceum* при экспозиции 2 часа, плотность инокулюма не менее $3{,}0\times10^6$ спор/мл раствора. Контрольный вариант – инокуляция семян в воде. Развитие болезни учитывали на 7-й день по 5-и бальной шкале [9, 11].

В полевых условиях естественный (абсолютный контроль) и инфекционный фоны располагались на почвах с содержанием гумуса в пахотном слое – 2,76–2,89 %, P_2O_5 – 191–216 мг/кг, K_2O – 268–305 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 6,35–6,54.

Инфекционный фон для оценки образцов гороха на устойчивость к поражению корневыми гнилями создавали путем внесения инфекционного материала непосредственно перед посевом, равномерно, из расчета 25–30 г/м^2 [10, 12]. Посев селекционных образцов гороха проводили ручным способом. Размер опытной делянки – 2 м^2 с междурядьем 20 см. Учет распространенности корневой гнили и степени поражения растений гороха проводили в период полные всходы и цветение по 5-и бальной шкале. Согласно полученным результатам бальной оценки проводили расчет развития болезни, и образцы гороха ранжировали по группам устойчивости: 0 – высокоустойчивые (здоровые растения); 1 – устойчивые (поражение до 25 %); 2 – среднеустойчивые (поражение 26–50 %); 3 – восприимчивые (поражение 51–75 %); 4 – сильновосприимчивые (поражение свыше 75 %) [5].

Полевые эксперименты проводились согласно методическим указаниям по изучению зернобобовых культур. Полученные экспериментальные данные прошли статистическую обработку в программе Exel [13].

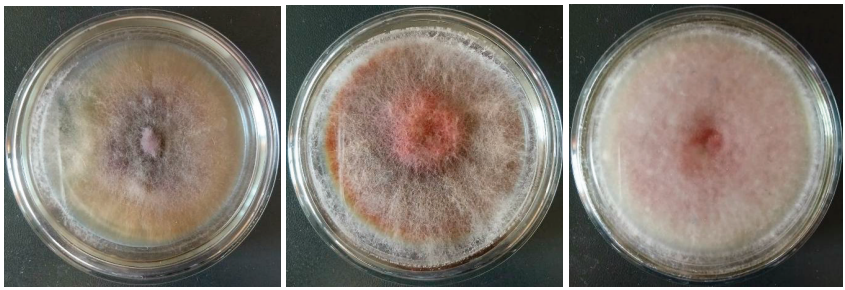
Результаты исследований и их обсуждение. В 2024–2025 гг. было проведено маршрутное обследование фитопатологического состояния гороха в республике и собран инфекционный материал (корни). В лабораторных условиях из него, а также семян селекционных образцов гороха было выделено

34 штамма возбудителей корневых гнилей – преимущественно видов рода *Fusarium: Fusarium oxysporum* и *Fusarium avenaceum* (таблица 1).

Таблица 1. Штаммы корневых гнилей гороха, выделенные в результате маршрутных обследований, 2024–2025 гг.

Возбудитель	Штамм	Сорт, образец	Место выделения (район)
Fusarium avenaceum	9.12	Магнат	Каменецкий р-н
Fusarium oxysporum	6.2	Тип	Слонимский р-н
Fusarium avenaceum	9.27	Юбилейный	Брестский р-н
Fusarium oxysporum	6.5	Спринт	Гродненский р-н
Aphanomyces euteiches	41.1	Юбилейный	Столинский р-н
Fusarium oxysporum	6.7	Спринт	Пружанский р-н
Fusarium oxysporum	6.8	Усатый посевной	Житковичский р-н
Fusarium oxysporum	6.16	Тип	Гродненский р-н
Fusarium oxysporum	6.18	Юбилейный	Мозырский р-н
Aphanomyces euteiches	41.2	Спринт	Кореличский р-н
Fusarium oxysporum	6.28	Стимул	Смолевичский р-н
Fusarium oxysporum	6.33	Капрал	Смолевичский р-н
Fusarium oxysporum	6.34	Спринт	Смолевичский р-н
Fusarium avenaceum	9.56	Презент	Смолевичский р-н
Fusarium avenaceum	9.63	Зазерский усатый	Смолевичский р-н
Fusarium oxysporum,	6.35	Магнат	Кобринский р-н
Fusarium solani	22.4		
Fusarium oxysporum	6.36	Юбилейный	Брестский р-н
Fusarium oxysporum	6.37	Спринт	Гродненский р-н
Fusarium oxysporum	6.38	Спринт	Пружанский р-н
Fusarium solani	22.5		
Fusarium oxysporum	6.39	Тип	Слонимский р-н
Fusarium poae	5.56		
Fusarium oxysporum	6.40	Тип	Щучинский р-н
Fusarium avenaceum	9.68	Спринт, Марат	Оршанский р-н
Fusarium oxysporum	6.41		
Fusarium oxysporum	6.42	Стимул, Спринт	Рогачевский р-н
Fusarium sporotrichioides	5.57		
Fusarium oxysporum	6.43	Стимул	Вилейский р-н
Fusarium avenaceum	9.69	Образец	Смолевичский р-н
Fusarium avenaceum	9.70	Образец	Логойский р-н
Fusarium oxysporum	6.44	Образец	Смолевичский р-н
Fusarium oxysporum	6.45	Образец	Смолевичский р-н
Fusarium oxysporum	6.46	Образец	Слонимский р-н
Всего 34 штамма			

Каждому штамму был присвоен порядковый номер в коллекции чистых культур возбудителей болезней сельскохозяйственных растений. Наиболее агрессивные штаммы были использованы для наработки инфекционного материала и создания искусственного инфекционного фона в полевых и лабораторных условиях (рисунок 1).



1 2 3

Рисунок 1 – Виды рода *Fusarium*: 1 – *Fusarium oxysporum, 2 – Fusarium sporotrichioides, 3 – Fusarium solani*

Оценку на устойчивость к корневым гнилям проводили на 6 сортах гороха и 60 селекционных образцах, которые проходили испытание в селекционных питомниках.

В лабораторных условиях (в зимний период) «методом рулонов» проводили предварительную оценку образцов гороха на устойчивость к фузариозной корневой гнили, что позволило выявить высокоустойчивые и устойчивые генотипы.

Установлено, что лабораторная всхожесть образцов гороха в контроле находилась в пределах 96,0–100,0 % (таблица 2, фрагмент). Всхожесть инокулированных образцов варьировала от 48,0 до 98,0 %. Развитие корневой гнили в среднем по образцам составило 44,6 %. У сортов гороха как отечественной так и зарубежной селекции данный показатель составил 32,5–65,5 %. Из 60 селекционных образцов выделился высокоустойчивый образец ПСИ-9 (Э-2927), развитие болезни составило 7,0 % и 13 устойчивых образцов, развитие фузариозной корневой гнили у которых находилось в пределах 11,0–21,5 %.

Следует отметить снижение ростовых характеристик у образцов, инокулированных возбудителями корневой гнили по сравнению с контролем. В среднем длина проростка снизилась на 2,0 см, корня – на 2,2 см.

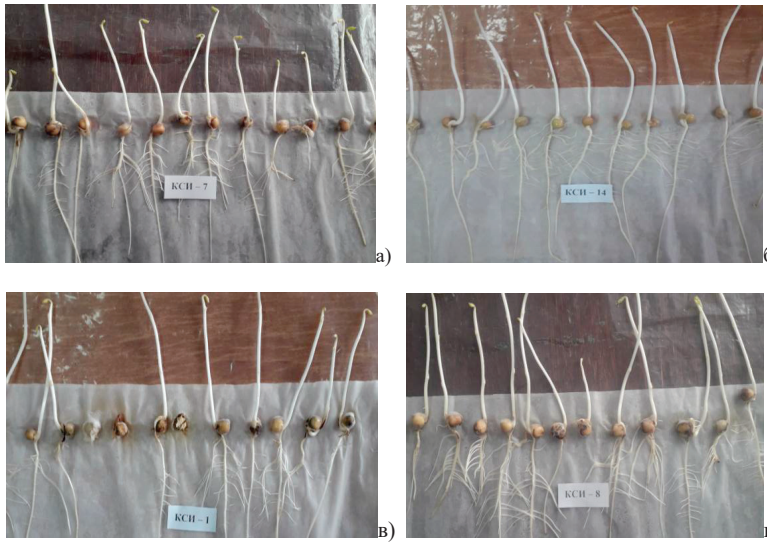
Проявление признаков поражения проростков гороха при инокуляции семян возбудителями фузариоза образцов представлены на рисунке 2.

Изучение сортов и селекционных образцов на естественном и инфекционном фоне показало, что в среднем за 2024–2025 гг. развитие корневых гнилей в фазу всходов составило 6,7 % и 18,9 % соответственно (рисунок 3). В фазу цветения гороха развитие корневых гнилей на естественном фоне увеличилось до 37,1 %, на инфекционном – до 62,0 % (рисунок 4). Урожайность на инфекционном фоне по сравнению с естественным в среднем по образцам снизилась на 33,9 г/м^2.

Таблица 2. Влияние возбудителей фузариозной корневой гнили на ростовые характеристики проростков гороха, 2025 г.

Образец	Лабораторная всхожесть, %		Длина проростка, см		Длина корня, см		Развитие корневой гнили, %
	1	2	1	2	1	2	
Саламанка	98,0	98,0	6,2	2,9	13,4	9,6	50,0
Тип	100,0	92,0	11,94	8,2	14,87	11,6	65,5
Заз. усат.	98,0	94,0	9,79	8,6	13,29	12,8	32,5
Презент	98,0	80,0	9,43	8,1	13,20	12,0	64,0
Миллениум	98,0	76,0	9,07	7,8	12,91	9,4	63,0
Столетник	96,0	92,0	8,9	7,8	10,5	8,2	**20,1**
КП-8 (Э-2854)	86,0	48,0	3,9	4,4	7,9	5,7	85,5
КП-15 (Э-2913)	96,0	78,0	7,6	3,6	11,4	6,5	73,0
КП-16 (Э-2915)	98,0	92,0	7,2	2,4	10,8	3,8	**15,0**
КП-17 (Э-2919)	98,0	96,0	6,6	5,7	9,7	9,0	**21,5**
КП-31 (Э-2940)	100,0	88,0	5,7	2,9	9,4	4,3	46,0
КП-33 (Э-2942)	100,0	62,0	5,1	3,4	11,3	8,7	67,0
КП-34 (Э-2943)	98,0	90,0	9,4	8,6	12,5	11,2	46,0
КП-37 (Э-2946)	100,0	92,0	9,5	8,3	11,1	10,2	**13,5**
КП-40 (Э-2949)	98,0	94,0	7,4	4,6	14,3	8,5	37,0
ПСИ-5 (Э-2914)	100,0	96,0	7,0	6,3	10,5	9,8	**21,5**
ПСИ-6 (Э-2916)	100,0	98,0	7,6	7,0	10,4	9,8	**12,5**
ПСИ-7 (Э-2917)	98,0	82,0	5,4	3,8	10,9	6,7	53,0
ПСИ-9 (Э-2927)	98,0	98,0	7,4	6,9	9,6	9,2	**7,0**
ПСИ-11 (Э-2929)	100,0	98,0	5,3	4,8	6,8	6,3	**11,5**
ПСИ-13 (Э-2880)	98,0	98,0	6,7	6,0	8,2	7,2	34,5
ПСИ-14 (Э-2900)	98,0	98,0	5,6	5,1	13,6	12,8	**17,0**
ПСИ-15 (Э-2884)	96,0	70,0	7,3	4,5	8,8	5,8	81,0
ПСИ-16 (Э-2889)	96,0	94,0	4,7	2,8	11,0	8,3	70,5
ПСИ-24 (Э-2843)	100,0	96,0	6,8	6,2	9,5	8,9	**19,5**
ПСИ-25 (Э-2849)	98,0	92,0	7,8	6,5	8,3	6,2	54,0
ПСИ-26 (Э-2850)	98,0	98,0	8,6	7,5	11,0	10,2	**20,0**
ПСИ-27 (Э-2902)	96,0	98,0	9,3	8,6	10,2	9,3	29,5
КСИ-2 (Э-2876)	98,0	98,0	12,32	8,6	16,57	12,6	**21,5**
КСИ-3 (Э-2898)	98,0	90,0	12,68	7,6	13,50	10,0	34,0
КСИ-4 (Э-2899)	100,0	90,0	13,39	8,3	13,88	12,1	**21,0**
КСИ-8 (Э-2812)	98,0	86,0	9,88	8,7	12,84	12,0	51,6
КСИ-11 (Э-2821)	100,0	96,0	8,99	8,0	12,06	11,3	45,2
КСИ-12 (Э-2832)	100,0	98,0	9,48	8,1	15,12	13,1	**14,5**
КСИ-13 (Э-2719)	98,0	88,0	9,61	8,2	13,47	11,3	41,2
КСИ-14 (Э-2829)	98,0	98,0	9,25	9,1	10,48	10,2	**11,0**
КСИ-19 (Э-2888)	100,0	92,0	11,19	8,6	12,16	11,8	56,5
фрагмент таблицы							
Среднее по всем образцам	**98,1**	**86,8**	**8,3**	**6,3**	**11,2**	**9,0**	**44,6**

Примечание: 1 – контроль, 2 – инокуляция возбудителем



а) б) в) г)

Рисунок 2. Проявление признаков поражения проростков гороха в разной степени при инокуляции семян гороха возбудителями фузариоза образцов ПСИ-9 (Э-2927) (а), КСИ-14 (Э-2829(б), КСИ-8 (Э-2812) (в) и сорта Тип (г)

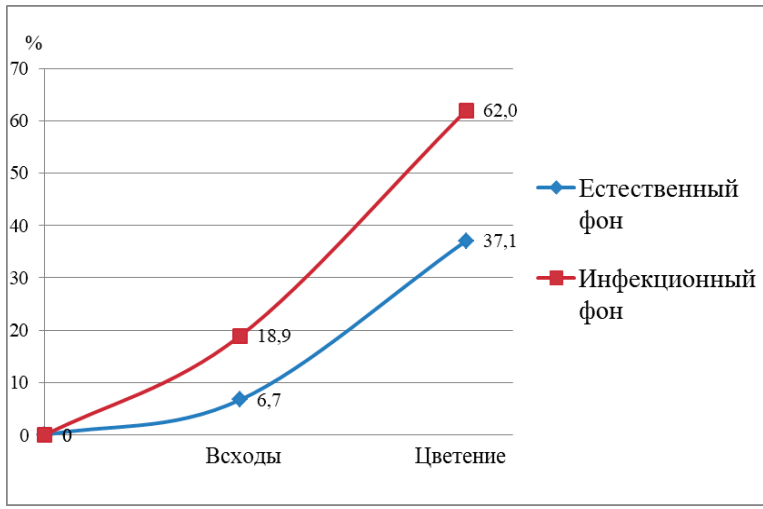


Рисунок 3. Развитие корневых гнилей гороха на естественном и инфекционном фонах, 2024–2025 гг.



а) б)

Рисунок 4. Признаки проявления фузариозной корневой гнили гороха на инфекционном фоне: а) – образец Э-2812, б) – образец Э-2719

Наряду с общей оценкой сортообразцов гороха по их резистентности, нами была подсчитана доля растений с низким баллом поражения: 0–2. В результате проведенной оценки на устойчивость к корневым гнилям в условиях инфекционного фона выделены образцы, у которых более 50 % растений обладают высокой степенью устойчивости к патогену. Ценность этих генотипов заключается в том, что при неоднократном посеве на инфекционном фоне с последующим отбором здоровых и слабо поражаемых растений можно сформировать аналоги высокопродуктивных растений с высокой устойчивостью к патогену.

В результате оценки сортов и селекционных образцов гороха на устойчивость к корневым гнилям в лабораторных условиях, естественном и инфекционном фонах было выделено 6 лучших: сорт Столетник и селекционные сортообразцы Э-2940, Э-2943, Э-2946, Э-2914, Э-2900, показавшие наименьшее развитие болезни на искусственном фоне (40,0–49,9 %) – источники повышенной устойчивости. Следует отметить, что данные образцы имели высокую продуктивность (389,7–492,3 г/м^2) (таблица 3).

Таблица 3. Развитие корневых гнилей образцов гороха и урожайность на различных фонах (среднее за 2024–2025 гг.)

Образец	Развитие болезни, %		Доля растений с баллом 0-2, %	Урожайность, г/м^2		+/- к естественному фону, %
	фон			фон		
	естественный	искусственный		естественный	искусственный	
Столетник	20,3	40,0	66	416,3	389,7	-6,3
Э-2940	24,5	49,9	58	421,3	406,3	-3,6
Э-2943	24,3	45,4	61	408,6	399,2	-2,3
Э-2946	22,3	48,6	64	505,3	492,3	-2,6
Э-2914	18,3	46,9	65	452,6	441,2	-2,5
Э-2900	20,0	48,0	68	432,8	415,4	-4,0
Min	*18,3*	*45,4*	*22*	*237,4*	*208,9*	-
Max	*38,0*	*76,7*	*68*	*505,3*	*499,8*	-
Среднее по 66 образцам	**21,6**	**46,5**	**63,7**	**439,5**	**424,0**	**-**

Сортообразцы гороха и сорт Столетник, показавшие наименьшее развитие корневых гнилей на естественном и искусственном инфекционном фонах целесообразно включить в селекционный процесс для создания сортов с повышенной устойчивостью к корневым гнилям.

Заключение

По итогам маршрутных обследований посевов гороха в республике в чистую культуру выделено 34 штамма патогенов, вызывающих корневые гнили, преимущественно из рода *Fusarium.*

В результате двулетней оценки устойчивости 6 сортов и 60 образцов гороха к корневым гнилям на естественном и инфекционном фонах в полевых условиях выделены образцы, показавшие повышенную устойчивость к инфекции (45,4–49,9 %), а также обладающие высокой концентрацией высокоустойчивых, устойчивых и среднеустойчивых растений – Э-2940, Э-2943, Э-2946, Э-2914, Э-2900, сорт Столетник. Продуктивность данных образцов составила 389,7–492,3 г/м^2. Данные образцы включены в селекционный процесс по созданию сортов гороха с повышенной устойчивостью к корневым гнилям.

Литература

1. Борзенкова, Г. А. Роль протравливания семян в агроэкологически обоснованной защите гороха / Г. А. Борзенкова, Г. С. Филлипова // Сб. науч. материалов «Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях» – Орел, 2008. – С. 373–381.

2. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар. – Минск: «ФУАинформ», 2000. – 264 с.

3. Лисовская, С. А. Грибы рода *Fusarium spp.* как потенциально патогенные виды микроорганизмов / С. А. Лисовская, Е. В. Халдеева // Практическая медицина. – 2016. – № 3(95). – С. 64–67.

4. Градобоева, Т. П. Корневые гнили гороха в условиях Кировской области / Т. П. Грибоедова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – №3(31). – С. 51–58.

5. Градобоева, Т. П. Устойчивость сортов гороха к аскохитозу в изменяющихся условиях среды / Т. П. Грибоедова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 2. – С. 17-22.

6. Бударина, Г. А. Изучение селекционного материала гороха на устойчивость к патогенам и фитофагам и выделение источников устойчивости для практической селекции / Г. А Бударина [и др.] // Вестник Орел ГАУ. – 2015. – № 6 (57). – С. 120–127.

7. Филатова, И. А. Сравнительная оценка новых сортообразцов гороха по устойчивости к корневой гнили / И. А. Филатова // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Терентия Семеновича Мальцева (5 ноября 2020 г.). – Курган: Изд-во Курганской ГСХА. – 2020. – С.375–380.

8. Лапина, В. В. Агроэкологическое обоснование защиты яровых зерновых культур от корневых гнилей в условиях юга Нечерноземной зоны России : дис. …д-ра с.х. наук: 06.01.07. / Лапина Валентина Васильевна ; Нац. Исслед. Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – Саранск, 2014. – 350 с.

9. Фитосанитарная экспертиза зерновых культур (болезни растений) : рекомендации / подгот.: С. С. Санин [и др.]. – М : Росинформагротех. – 2002. – 140 с.

10. Радченко, Е. Е. Методы работы с чистыми культурами грибов / Е. Е. Радченко, И. Г. Одинцова // Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам : метод. пособие / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства ; [Е. Е. Радченко и др.]. – М., 2008. – С. 106–109.

11. Фитопатологическая экспертиза семян полевых культур (диагностика возбудителей, эффективность препаратов для предпосевной обработки семян) : метод. рекомендации / Г. В. Будевич, Ю. А. Сущевич, Ю. К. Шашко, М. Н. Шашко, М. В. Кадырова, Ю. А. Дашкевич, О. В. Мядель, Е. В. Заремба, М. В. Подорский ; РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск : ИВЦ Мин-фина, 2022. – 52 с.

12. Дашкевич, Ю. А., Заремба, Е. В. Создание инфекционных фонов и оценка сортообразцов гороха на устойчивость к фузариозам в Беларуси / Ю. А. Дашкевич, Е. В. Заремба // Наукові читання до 100–річчя від дня народження професора Івана Вікторовича Яшовського: мат. між. наук. конф., Чабани, 14–15 серпня. 2019 р. / ННЦ «Інститут землеробства НААН»; редкол.: В. Ф. Камінський [и др.]. – Вінниця, 2019. – С. 119–121.

13. 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.

EVALUATION OF PEA SAMPLES FOR RESISTANCE TO ROOT ROT UNDER NATURAL AND ARTIFICIAL INFECTIOUS ENVIRONMENT

Yu.A. Dashkevich, V.Ch. Shor, Yu. A. Sushchevich, M.N. Kritsky, O.V. Myadel, L.M. Alisievich

Field surveys of pea plantings were conducted in Belarus, resulting in the collection of infectious material and identification of 34 strains of root rot pathogens, primarily Fusarium, under laboratory conditions to create an artificial infectious environment. Based on the results of the evaluation of six pea varieties and 60 breeding accessions for root rot resistance under natural and artificial infectious environment, six samples with increased disease resistance and high productivity were identified.

УДК 633.11«324»:631.526.32

ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПО КОМПЛЕКСУ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

***И.В. Сацюк**, кандидат с.-х. наук, **Р.Н. Ковтун, В.В. Кот**, **В.Н. Куделко,** кандидат с.-х. наук*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 20.03.2026)

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

***Аннотация.** В статье представлены результаты трехлетних исследований (2023–2025 гг.) по оценке селекционных образцов пшеницы озимой мягкой в питомнике конкурсного сортоиспытания в условиях центральной части Республики Беларусь. Целью работы являлась оценка и выделение перспективных сортообразцов, сочетающих высокую урожайность и качественные показатели зерна. В ходе исследования изучены 14 сортообразцов пшеницы озимой, проведен анализ элементов структуры урожайности, а*

также оценка содержания сырого протеина и клейковины в зерне. Установлено, что наибольшую урожайность зерна – 97,7; 95,4; 94,4; 93,1 ц/га – сформировали сортообразцы под селекционными номерами 3043 (628/31-20), 3044, 0319 и 3043 (634/61-20), превысившие средний контрольный сорт на 11,1; 8,9; 7,4; 5,9 % соответственно.

Введение. Задача повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является одной из приоритетных для агропромышленного комплекса Республики Беларусь. В ряду основных сельскохозяйственных культур особое место занимает пшеница мягкая озимая. Наращивание объемов производства зерна требует комплексного подхода, одним их ключевых элементов которого является создание и внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов. Одна из важнейших характеристик сорта – его устойчивость к абиотическим и биотическим факторам, которые определяются генотипической изменчивостью. Как правило, между экологической адаптивностью и потенциально максимальной урожайностью существует отрицательная корреляция. В связи с этим поиск сортообразцов, обеспечивающих высокую адаптивную способность в сочетании с высокой урожайностью зерна, является одной из первостепенных задач в селекции [1, 2].

Материалы и методика исследований. Исследования проводили в 2023–2025 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая мореной на глубине 0,5 м, со следующими агрохимическими показателями: кислотность pH_{KCl} – 4,98–5,41; содержание подвижных форм P_2O_5 и обменного K_2O (по методу Кирсанова) составляло 179–207 и 318–329 мг/кг почвы соответственно, гумус, определенный по методу Тюрина, – 2,39–2,60 %.

Посев осуществляли сеялкой Wintersteiger с нормой высева 3,5 млн всхожих семян на гектар, применяя методику однофакторного опыта с использованием метода системных блоков в трехкратной повторности. Площадь учетной делянки составляла 10 м².

Объектом исследования являлись селекционные образцы озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания. Семенной материал был протравлен протравителем Максим Форте, КС с нормой расхода 2,0 л/т. Система удобрений предусматривала внесение фосфорных и калийных удобрений ($P_{60}K_{120}$) общим фоном для всех вариантов исследования. Азотные удобрения вносили в дозе N_{200}: N_{20} – осенью в составе фосфорных удобрений, N_{70} – при возобновлении весенней вегетации, N_{70} – в фазу окончания кущения – начала выхода в трубку, N_{40} – в фазу выхода флагового листа. Доза азотного удобрения 200 кг/га д.в. вносилась для создания провокационного фона с целью изучения устойчивости образцов озимой пшеницы к полеганию. Регуляторы роста не использовали. Все остальные агротехнологические приемы по уходу за посевами проводились согласно технологическому регламенту [3].

Качество зерна изучаемых образцов определяли в отделе биохимии и биотехнологии методом ИК-спектроскопии на приборе NIRS-5000.

Метеорологические условия в период исследований различались по температурному режиму и осадкам, что способствовало объективной оценке изучаемых сортообразцов.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [4] с использованием Microsoft Excel и компьютерной программы АВ СТАТ.

Результаты исследований и их обсуждение. В питомнике конкурсного сортоиспытания проводилась оценка селекционных образцов озимой пшеницы, различающихся по комплексу генетических и морфобиологических признаков. В ходе исследований часть образцов была забракована по урожайности, невыравненности посевов, полеганию и восприимчивости к болезням.

По результатам конкурсного сортоиспытания в среднем за 2023–2025 гг. наиболее высокой урожайностью отличились образцы озимой пшеницы под номерами 3043 (линия 628/31-20) – 97,7 ц/га (+9,8 ц/га или 11,1 % к контролю); 3044 – 95,4 ц/га (+7,5 ц/га или 8,5 %); 0319 – 94,4 ц/га (+6,5 ц/га или 7,4 %); 3043 (линия 634/61-20) – 93,1 ц/га (+5,2 ц/га или 5,9 %) (таблица 1).

За период исследований контрольные сорта озимой пшеницы Мроя (2023 г.) и Амелия (2024–2025 гг.) обеспечили среднюю урожайность зерна – 87,9 ц/га. Наименьшая урожайность зафиксирована у образцов под селекционным номером 138 (П2-44-21), снижение к контролю составило – 4,6 ц/га (или 5,2 %).

Таблица 1. Урожайность образцов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (среднее за 2023–2025 гг.)

Селекционный номер образца	Номер линии	Урожайность, ц/га	+/- к контролю, ц/га	+/- к контролю, (%)
Контроль* (Мроя/Амелия)		87,9		
0778	537/16-20	88,5	0,6	0,7
084	589/1-20	86,3	-1,6	1,8
3043	628/31-20	97,7	9,8	11,1
3043	634/61-20	93,1	5,2	5,9
3044	637/1-20	95,4	7,5	8,5
122	697/40-20	87,5	-0,4	0,5
0319	915/6-20	94,4	6,5	7,4
1252	162/1-19	92,0	4,1	4,7
1342	524/21-19	90,7	2,8	3,2
138	П2-44-21	83,3	-4,6	5,2
138	П2-19-21	86,1	-1,8	2,0
138	П2-23-21	86,4	-1,5	1,7
138	П2-21-21	86,1	-1,8	2,0
138	П2-18-21	88,2	0,3	0,3

** В 2023 г. – Мроя, в 2024–2025 гг. – Амелия*

Масса 1000 зерен в среднем за годы проведения исследований варьировала от 39,3 г у образцов 138 (П2-19-21) и 138 (П2-23-21) до 49,5 г у образца 0778. Контрольный сорт (Мроя/Амелия) имел массу 1000 зерен – 45,6 г. Самая высокая масса 1000 зерен была отмечена у образцов: 0778 – 49,5 г, 3043 (634/61-20)– 46,8 г и 0319 – 46,5 г (таблица 2).

Таблица 2. Элементы структуры урожайности образцов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (среднее за 2023–2025 гг.)

Селекционный номер образца	Номер линии	Масса 1000 зерен, г	Число зерен в колосе, шт.	Продуктивный стеблестой, шт/м^2
Контроль* (Мроя/Амелия)		45,6	41,3	475
0778	537/16-20	49,5	44,6	413
084	589/1-20	44,7	38,9	513
3043	628/31-20	44,7	40,1	564
3043	634/61-20	46,8	40,2	572
3044	637/1-20	44,9	44,7	505
122	697/40-20	45,3	46,9	449
0319	915/6-20	46,5	46,3	461
1252	162/1-19	43,2	41,7	525
1342	524/21-19	40,7	41,9	576
138	П2-44-21	39,9	47,4	497
138	П2-19-21	39,3	47,0	498
138	П2-23-21	39,3	49,6	467
138	П2-21-21	41,1	48,2	450
138	П2-18-21	43,3	49,5	426

** В 2023 г. – Мроя, в 2024–2025 гг. – Амелия*

По числу зерен в колосе наблюдалась обратная тенденция. Наибольшая озерненность колоса зафиксирована у образцов с самой низкой массой 1000 зерен: номер 138 (П2-23-21) – 49,6 шт., 138 (П2-18-21) – 49,5 шт., 138 (П2-21-21) – 48,2 шт., 138 (П2-44-21) – 47,4 шт., 138 (П2-19-21) – 47,0 шт. Это свидетельствует о том, что все линии номера 138 обладают высоким генетическим потенциалом озерненности колоса. Кроме выше перечисленных, высокая озерненность колоса отмечена у сортообразцов под номерами 122 (697/40-20) – 46,9 шт. и 0319 (915/6-20) – 46,3 шт., у которых данный показатель сочетался с высокой массой 1000 зерен.

Количество продуктивных стеблей у изучаемых образцов озимой пшеницы изменялось в пределах от 413 шт/м² у сортообразца под номером 0778 (537/16-20) до 576 шт/м² у номера 1342 (524/21-19), также высоким оно было у номеров 3043 (634/61-20) – 572 шт/м² и 3043 (628/31-20) – 564 шт/м².

Сравнительный анализ структуры урожайности позволил выявить некоторые особенности формирования продуктивности у изучаемых образцов озимой пшеницы. Так, например, высокая урожайность образцов 3043 (628/31-20) и 3043 (634/61-20) обеспечивалась, прежде всего, за счет высокой густоты продуктивного стеблестоя, превышающей 560 шт/м² при средних

показателях массы зерна и озерненности колоса, тогда как образец 0319 (915/6-20) характеризовался сбалансированным развитием всех элементов, сочетая высокую массу 1000 зерен (46,5 г) с большим числом зерен в колосе (46,3 шт.) и густотой продуктивного стеблестоя – 461 шт/м².

Проведенный корреляционный анализ по каждому изучаемому образцу озимой пшеницы позволил более подробно оценить влияние элементов структуры и условий года на урожайность зерна. Так, образец 3043 (628/31-20) сформировал один из наиболее высоких показателей плотности продуктивного стеблестоя, при этом коэффициент корреляции (r) его с урожайностью зерна был слабым и составил -0,04. Это говорит о том, что данный образец способен сформировать оптимальную плотность продуктивного стеблестоя и в меньшей степени зависеть от метеорологических условий. При этом коэффициенты корреляции урожайности с массой 1000 зерен и количеством зерен в колосе имели среднюю положительную зависимость – r=0,41 и 0,55 соответственно (таблица 3).

Другая выделившаяся линия этой же комбинации 3043 (634/61-20) формировала урожайность зерна иначе. При примерно одинаковой плотности продуктивного стеблестоя коэффициент корреляции (r) его с урожайностью был сильным положительным и составил 0,99. Это говорит о том, что плотность продуктивного стеблестоя по годам была не постоянной и в значительной степени зависела от метеорологических условий. Изреживание в отдельные годы не удавалось компенсировать в полной мере за счет массы 1000 зерен и количества зерен в колосе – r=-0,99 и -0,50 соответственно.

Таблица 3. Коэффициенты корреляции урожайности с элементами структуры урожайности образцов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (среднее за 2023–2025 гг.)

Селекционный номер образца	Номер линии	Масса 1000 зерен, г	Число зерен в колосе, шт.	Продуктивный стеблестой, шт/м^2	Условия года
Контроль* (Мроя/Амелия)		-0,81	-0,62	0,99	0,71
0778	537/16-20	-0,98	-0,86	0,96	0,67
084	589/1-20	-0,55	0,45	0,09	0,07
3043	628/31-20	0,41	0,55	-0,04	0,42
3043	634/61-20	-0,99	-0,50	0,99	0,93
3044	637/1-20	-0,45	0,17	0,31	0,03
122	697/40-20	-0,96	-0,80	0,99	0,88
0319	915/6-20	0,83	-0,47	0,38	0,53
1252	162/1-19	0,40	0,15	0,09	0,39
1342	524/21-19	0,37	0,18	0,01	0,62
138	П2-44-21	0,86	0,93	-0,81	0,97
138	П2-19-21	0,55	0,85	-0,43	0,66
138	П2-23-21	0,48	0,67	-0,22	0,67
138	П2-21-21	0,64	0,99	-0,80	0,85
138	П2-18-21	-0,90	0,53	-0,92	0,99

** В 2023 г. – Мроя в 2024–2025 гг. – Амелия*

Урожайность зерна образца под селекционным номером 3044 (637/1-20) практически не зависела от условий года (r=0,03) и количества зерен в колосе (r=0,17), но имела среднюю положительную зависимость от продуктивного стеблестоя (r=0,31) и отрицательную с массой 1000 зерен (r= -0,45), то есть, данный образец был не способен в полной мере компенсировать недостаток продуктивных стеблей за счет увеличения массы 1000 зерен.

Образец под номером 0319 (915/6-20) имел сильную положительную связь урожайности зерна с массой 1000 зерен (r=0,83), среднюю положительную с условиями года и продуктивным стеблестоем (r=0,53 и 0,38) и среднюю отрицательную (r= -0,47) с количеством зерен в колосе. Полученные результаты в сочетании с низким продуктивным стеблестоем (461 шт/м²) свидетельствуют о том, что этот образец формирует урожайность в основном за счет продуктивности колоса.

Проведена оценка сортообразцов озимой пшеницы по высоте растений и их устойчивости к полеганию. Установлено, что выделившиеся сортообразцы озимой пшеницы под номерами 3043 (628/31-20), 3044, 0319 и 3043 (634/61-20) характеризовались высотой, близкой к контролю (96–105 см) и максимальной устойчивостью к полеганию (9 баллов) (таблица 4).

Таблица 4. Высота и устойчивость к полеганию изучаемых сортообразцов озимой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (среднее за 2023–2025 гг.)

Селекционный номер образца	Номер линии	Высота, см	Устойчивость, балл
Контроль* (Мроя/Амелия)		104	9
0778	537/16-20	105	3
84	589/1-20	102	9
3043	628/31-20	105	9
3043	634/61-20	97	9
3044	637/1-20	96	9
122	697/40-20	108	9
0319	915/6-20	96	9
1252	162/1-19	97	9
1342	524/21-19	102	9
138	П2-44-21	87	1
138	П2-19-21	77	9
138	П2-23-21	83	9
138	П2-21-21	76	9
138	П2-18-21	83	5

** В 2023 г. – Мроя, в 2024–2025 гг. – Амелия*

Низкую устойчивость к полеганию 1 и 3 балла при высоте растений 87 и 105 см продемонстрировали образцы 138 (П2-44-21) и 0778. Также следует отметить образец 138 (П2-18-21), который, несмотря на относительно невысокий стебель (83 см), получил оценку 5 баллов, что характеризует его как среднеустойчивый к полеганию.

Важной составляющей комплексной оценки селекционного материала в исследованиях являлось определение показателей качества зерна, а именно содержание сырого протеина и сырой клейковины.

Содержание сырого протеина и сырой клейковины в зерне изучаемых образцов озимой пшеницы в среднем за годы исследований изменялось в пределах от 13,9 и 25,3 % у образца 138 (П2-19-21) до 16,1 и 31,7 % у образца 084 соответственно (таблица 5).

Выделившиеся по урожайности зерна образцы озимой пшеницы под номерами 3043 (628/31-20), 3044 (637/1-20), 0319 (915/6-20), 3043 (634/61-20) имели высокие показатели содержания сырого белка и клейковины: 15,6 и 30,3 %; 15,4 и 30,7 %; 14,9 и 27,9 % и 15,5 и 31,0 % соответственно, что делает эти образцы наиболее ценными для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Таблица 5. Содержание сырого протеина и сырой клейковины в зерне изучаемых сортообразцов озимой пшеницы (среднее за 2023–2025 гг.)

Селекционный номер образца	Номер линии	Сырой протеин, %	Сырая клейковина, %
Контроль* (Мроя/Амелия)		14,5	27,9
0778	537/16-20	14,9	30,2
084	589/1-20	16,1	31,7
3043	628/31-20	15,6	30,3
3043	634/61-20	15,5	31,0
3044	637/1-20	15,4	30,7
122	697/40-20	15,8	31,2
0319	915/6-20	14,9	27,9
1252	162/1-19	15,0	30,4
1342	524/21-19	14,7	29,7
138	П2-44-21	15,1	29,3
138	П2-19-21	13,9	25,3
138	П2-23-21	14,0	26,3
138	П2-21-21	14,4	28,1
138	П2-18-21	14,2	26,2

** В 2023 г. – Мроя, в 2024–2025 гг. – Амелия*

Заключение

По результатам комплексного изучения селекционных образцов озимой мягкой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания (2023–2025 гг.) выделились селекционные образцы под номерами 3043 (628/31-20), 3044, 0319 и 3043 (634/61-20), которые сформировали урожайность зерна на уровне 93,1–97,7 ц/га (5,9–11,1 % к контролю) с высокими показателями содержания сырого белка и сырой клейковины: 15,6 и 30,3 %, 15,4 и 30,7 %, 14,9 и 27,9 % и 15,5 и 31,0 % соответственно. Отмеченные образцы являются потенциальным селекционным материалом для создания новых высокопродуктивных отечественных сортов

Литература

1. Дзюбенко, Н. И. Управление и использование адаптивного потенциала зерновых культур: науч.-техн. бюл. / Н. И. Дзюбенко / Мироновский институт пшеницы. – Мироновка, 2008. – Вып. 8. – С. 59-74.

2. Лящева С. В. Оптимизация отбора высокопродуктивных генотипов озимой мягкой пшеницы с использованием селекционных индексов / С. В. Лящева, Т. Б. Кулеватова, Л. Н. Злобина, А. Д. Заворотина // Зерновое хозяйство России. – 2025. – №5. – С. 20-26.

3. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разраб. : Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 288 с.

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

ASSESSMENT OF THE BREEDING MATERIAL OF SOFT WINTER WHEAT ON ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS

I. V. Satsiuk, R.N. Kovtun, V.V. Kot, V.N. Kudelko

The paper demonstrates the results of the three-year research (2023–2025) on the assessment of soft winter wheat breeding samples in a competitive variety testing nursery in the central part of the Republic of Belarus. The goal of the work was to evaluate and identify promising variety samples combining high yield and grain quality indicators. During the research, 14 winter wheat variety samples were studied, yield structure elements were analyzed and the content of crude protein and gluten in grain was assessed. It was established that the highest grain yield - 97.7; 95.4; 94.4; 93.1 c/ha - was formed by the variety samples under selection numbers 3043 (628/31-20), 3044, 0319 and 3043 (634/61-20), which had exceeded the average control variety by 11.1; 7.4; 5.9% respectively.

УДК 633.34:631.524.824

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ СОИ ПО КОМПЛЕКСУ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ И ДНК-МАРКЕРАМ, СВЯЗАННЫМ СО СКОРОСПЕЛОСТЬЮ

М. Н. Крицкий*[1]*, *кандидат с.-х. наук,* ***М. Г. Синявская*[2]*,*** *канд. биол. наук,*
А. А. Козловский*[1]*, *научный сотрудник,* ***Я. С. Колмакова*[2]*,*** *мл. науч. сотрудник,* ***А. Г. Власов*[1]*,*** *доктор с. х. наук*
** Институт генетики и цитологии НАН Беларуси*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 23.04.2026)

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

Аннотация. *В статье приводятся результаты оценки коллекции сои по скороспелости в условиях центральной части Беларуси с привлечением молекулярно-генетических методов идентификации аллелей генов. Показано, что привлечение этих методов позволяет дополнить традиционные способы оценки селекционного материала по длительности вегетационного периода и фотопериодичности. В результате этого выделены скороспелые образцы сои с длительностью вегетационного периода 137–147 суток, обладающие*

следующими генными маркерами: образец 4-18 – e1-as e4-SORE-1, Красивая меча – E1 E4; Ореса – e1-as e4-SORE-1; Сибирячка – E1 E4 / e4-SORE-1, Сибириада – e1-as E4/ e4-SORE-1 и Припять – e1-nl E4. Уровень урожайности зерна этих образцов составил 17,9–25,2 ц/га.

Введение. Соя – самая распространенная в мировом земледелии высокобелковая масличная культура. Продукты ее переработки используются как в питании человека, так и входят в состав рациона большинства групп сельскохозяйственных животных. Соя на данный момент является самой конкурентной из бобовых культур в мире, о чем свидетельствует рост посевных площадей как в странах СНГ, так и в Беларуси. В республике вопрос импортозамещения и самообеспечения соевым белком является очень актуальным [1]. В этой связи важным является обеспечение потребности республики современными отечественными сортами сои, позволяющими получать стабильно высокий урожай зерна в наших почвенно-климатических условиях. Это согласуется с требованиями главы государства довести долю отечественных сортов до 80 процентов и стремиться к максимальному снижению зависимости от импорта семян иностранной селекции.

В последние годы посевные площади сои в республике увеличиваются. Так, в 2023 г. они составляли 5,6 тысяч га, в 2024 г. – 9,5 тыс. га, а в 2025 г. достигли 12,8 тыс. га. Дальнейшее расширение посевов этой культуры и расширение сортового состава должно учитывать требования культуры к почвенным условиям, а также определяться чувствительностью сортов к продолжительности светового дня. Следует подчеркнуть, что соя относится к культурам короткого дня и для ее произрастания требуется длительность светового периода не более 14–15 часов. В условиях Беларуси продолжительность светового дня в период вегетации составляет 15–17,5 часов. Это значительно удлиняет период роста и развития растений, что обуславливает поздние сроки уборки чувствительных к фотопериоду сортов. Уборка сои в условиях Южной зоны республики проводится, как правило, в конце сентября, а в северной – не ранее второй половины октября. В отдельные годы с холодным осенним периодом посевы фоточувствительных сортов не достигают фазы созревания.

Ареал возделывания сои в мире достаточно широк: от 35º южной широты до 56º северной широты, и это несмотря на то, что она требует для формирования полноценного урожая зерна короткого дня. Такое широкое распространение культура получила, прежде всего, благодаря достижениям селекции, основанным на генетике цветения, скороспелости и чувствительности к фотопериоду [2, 3].

На сегодняшний день для успешного селекционного процесса селекционеру требуется исходный материал, охарактеризованный как фенотипически (в полевых условиях), так и генетически по ряду ценных генов (признаков). Придерживаясь концепции Н. И. Вавилова, исходный материал является «альфой и омегой» селекционного процесса [4]. В этой связи актуальным для условий Беларуси является создание высокопродуктивных отечест-

венных скороспелых, ультраскороспелых сортов сои на основе оценки исходного селекционного материала по генам фотопериодизма.

Целью работы явилось исследование коллекционного и селекционного материала сои с применением ДНК-маркеров к основным генам фотопериодизма, а также оценка скороспелости исходного материала в полевых условиях для выделения перспективных образцов.

Материалы и методика исследований. Оценка коллекционного и селекционного материала сои в полевых условиях проводилась в 2024–2025 гг. на опытных участках РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Географическое расположение 54°09′ с. ш., 28°24′ в. д. Почва опытного поля – дерново-подзолистая, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м мореным суглинком, связносупесчаная: pH_{KCl} – 6,2–6,4; P_2O_5 – 200–280 мг/кг почвы; K_2O – 220–290 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,1–2,5 %. Полевые опыты проводилась по общепринятым методикам. Предшественник – овес.

Молекулярно-генетические исследования проводились в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси на базе лаборатории нехромосомной наследственности. Выделение тотальной ДНК проводили из тканей листа (полевой материал) с помощью набора «Арт ДНК Растение» (ООО «АртБиоТех»). Концентрацию, чистоту ДНК определяли с помощью спектрофотометра NanoDrop 800 (Thermo Scientific, США).

Особенности проведения этапов амплификации: полная денатурация 5 мин – 95 ºС; денатурация 95 ºС – 10 с; отжиг 55–60 ºС (в зависимости от праймеров) – 20 с, элонгация 72 ºС – 30–40 с (в зависимости от праймеров), 35 циклов; завершение элонгации 72 ºС – 4 мин.

Изучение ДНК сортообразцов сои проводили методом ПЦР по генам фотопериодизма *E1* и *E4*. Для этих целей использовали наборы ДНК маркеров из открытых источников (таблица 1).

Таблица 1. Праймеры, использованные для генотипирования по локусам фотопериодизма [5]

Ген (аллель)	Праймеры	Источник
E1/e1-fs/e1-nl	E1F1:CACTCAAATTAAGCCCTTTCA E1R1:TCCGATCTCATCACCTTTCC	Xia et al., 2012
e1-as	e1asF:GGGAGCAGTGTCAAAAGAAGAC e1asR:GTGCTATCCCTTAGTTAATTAAATT	Перфильев и др., 2021
E1	E1F: GGGAGCAGTGTCAAAAGAAGAG E1R: GTGCTATCCCTTAGTTAATTAAATA	Перфильев и др., 2021
E4	E4F: AGACGTAGTGCTAGGGCTAT E4R1: GCATCTCGCATCACCAGATCA E4R2: GCTCATCCCTTCGAATTCAG	Liu et al., 2008

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2024–2025 гг.) различались как по температурному режиму, так и количеству осад-

ков. Это позволило провести объективную оценку изучаемого материала сои (рисунок 1). Следует отметить, что погодные условия 2024 г. отличались дефицитом осадков в мае, а отсутствие осадков в первой декаде сентября отрицательно повлияло на формирование зерна. Условия 2025 г. характеризовались недостатком тепла в мае и сентябре, ночными майскими заморозками.

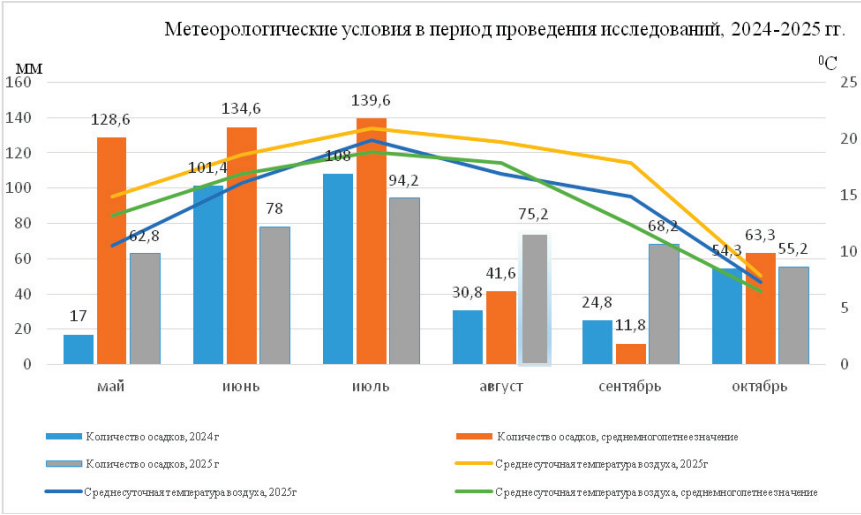


Рисунок 1. Метеорологические условия в период проведения исследований

Результаты исследований. Создание скороспелых и фотонейтральных сортов сои – важное условие продвижения ее в северные регионы. При возделывании чувствительных к фотопериоду сортов в условиях длинного дня наблюдается рост вегетативной массы, при этом пока день не сократится растения не переходят к цветению. С учетом снижения среднесуточных температур в сентябре и октябре созревание зерна может не наступить, либо убираемый урожай невозможно доработать до семенных кондиций. В селекционном плане для решения этой проблемы описано и изучено более 12 генов – E1–E11 и J, отвечающих за чувствительность культуры фотопериоду [2, 3, 6, 7]. В настоящее время в мире активно ведутся работы по изучению взаимодействия этих генов между собой, а также поиску новых [7, 8]. Уже разработаны ДНК маркеры для всех наиболее важных для условий северных широт генов фотопериодизма [9, 10].

В ходе молекулярно-генетических исследований коллекционных образцов сои Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию по двум генам фотопериодизма *E1* и *E4* установлено, что разные типы аллелей гена *E1* встречаются с разной частотой – 22–47 %, в то же время доминантный аллель гена *E4* присутствует у 54 % образцов (таблица 2).

Таблица 2. Распределение аллелей генов фотопериодизма в коллекции сои

Образец	Генотип по гену E1	Генотип по гену E4	Образец	Генотип по гену E1	Генотип по гену E4
Пантера	e1-as	E4	Hua jiang2	e1-as	E4
Маланка	e1-as	e4-SORE-1	Зуша	e1-as	E4
КРТС2124	e1-as	E4	Hua jiang 4	e1-nl	E4
КРТС2528	e1-as	E4	Шатиловская 17	e1-as	E4/ e4-SORE-1
Л 208	e1-nl	E4	Слава	E1	e4-SORE-1
СГ59	e1-nl	e4-SORE-1	Kit medium	e1-as	E4/ e4-SORE-1
Тайга	e1-nl	e4-SORE-1	Адесса	e1-as	E4/ e4-SORE-1
Кардоба	e1-nl	E4	Аурелия	e1-as	E4
Сибириада	e1-as	E4/ e4-SORE-1	Оникс 57	e1-nl	e4-SORE-1
Hei he 35	e1-as	E4	Орлея	e1-nl	e4-SORE-1
Hei he 36	E1	E4	Яровит	e1-nl	e4-SORE-1
Hei he 38	E1	E4	СТ22 Кураж	e1-nl	e4-SORE-1
Hei he 43	E1	E4	Соя-23 д.3	e1-nl	e4-SORE-1
Hei he 44	e1-as	E4/ e4-SORE-1	Сибирячка	E1	E4 / e4-SORE-1
Hei he 45	E1	E4	Красивая меча	E1	E4
Hei he 49	e1-as	E4	Образец 4-18	e1-as	e4-SORE-1
Hei he 51	E1	E4	Припять	e1-nl	E4
Hei he 53	e1-as	E4	Ореса	e1-as	e4-SORE-1

Отмечено, что у образцов сои с доминантными аллелями генов *E* в условиях с продолжительностью светового дня 15–16 часов и более, проявлялось замедление развития растений и позднее формирование и созревание семян.

Известно, что ген *E1* активируется в условиях длинного светового дня, но подавляется в условиях короткого. Экспрессия гена *E1* находится под фотопериодическим контролем генов *E3* и *E4*, активация которых при коротком световом дне подавлена. Более раннее цветение сои в условиях длинного дня определяет наличие рецессивного аллеля *e1-as*, который является «неполным» аллелем *e1*, а также аллеля *e1-nl*, представляющего собой полную делецию гена [11]. Xu M [12] указывает, что локусы *E1, E2, E3* и *E4* определяют в наибольшей степени изменчивость в переходе к фенофазе цветения среди сортов сои. Мутации в генах *E1, E3* и *E4* приводят к нечувствительности растений к фотопериоду. Селекционный материал, имеющий эти мутации, пригоден для адаптации культуры к возделыванию и высоких широтах.

Проведенный анализ коллекции сои показал, что среди изученного нами набора сортов сои у 28 образцов (78 %) выявлены рецессивные аллели в *E1-локусе: e1-as* – 17 (47 %), *e1-nl* –11 (31 %). Рецессивный аллель *e4-SORE-1* обнаружен у 17 образцов, то есть у 47 % образцов коллекции (рисунок 2), гетерозиготный генотип по данному гену наблюдается только у 6.

S. Watanabe сообщает, что аллель *e4-SORE-1* образован при вставке ретротранспозона в последовательность гена *E4*, в результате чего кодируется дефектный белок [13]. Наличие этого дисфункционального аллеля у образцов сои приводит к изменению морфологии растений в условиях длинного дня – удлиняются междоузлия, растения более склонны к полеганию.

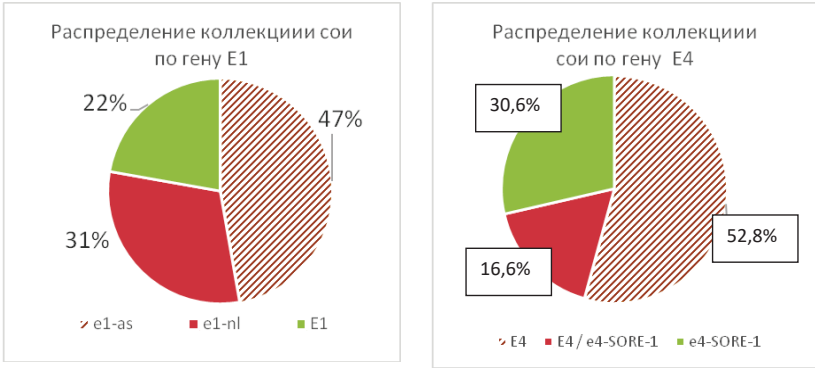


Рисунок 2. Распределение коллекционного материала сои по генам E1 и E4

Гены *E1-E4* оказывают также значительное влияние на компоненты урожайности сои. В частности, ген *E3* существенно влияет на формирование эффективных бобов у сои, в то время как ген *E1* имеет значительное влияние на массу зерна с одного растения. Гены *E3 и E4* не только регулируют период цветения сои, но и определяют архитектуру растения – количество основных стеблей и бобов, рост стеблей после цветения [12].

Состав биомассы растений сои определяется наличием генов *E1 и E3*. Селекционеры в Казахстане отмечают, что маркерная селекция сои позволила выделить 20 линий сои с генотипами e1e3E4e7, e1E3E4e7, e1E3e4e, вызревающих в условиях Костанайской области за 92–100 дней. Выделившиеся линии пригодны для создания сортов в условиях 52–53° с. ш. Казахстана [2].

Одним их важных показателей высокой урожайности при возделывании сои является пригодность сорта для механизированной уборки. При создании сортов северного экотипа большое значение имеет высота прикрепления нижнего боба. Она должна быть выше поверхности почвы не менее чем на 10–12 см, иначе потери при уборке могут превышать 8 %. Следует отметить, что у многих сортов сои основная масса урожая сосредоточена в нижнем ярусе. Отсюда направление селекции – создание сортов сои с более высоким размещением нижних бобов [4]. На высоту прикрепления нижних бобов оказывают влияние как почвенно-климатические условия (широта места возделывания, влажность почвы и воздуха, плодородие почвы и площадь питания), так и генетические особенности сорта. При оценке нами коллекции сои показатель высоты прикрепления нижнего боба варьировал от 6,7 до 13,3 см.

Анализ длительности периода от посева до всходов позволил выделить самые скороспелые образцы: образец 4-18 и Красивая меча с длительностью 137,0 и 137,5 суток соответственно. По этому показателю также выделились образцы Оресса, Сибирячка, Сибириада и Припять с периодом от посева до созревания 142,5, 143,5, 145,0 и 147 суток. Самым позднеспелым был образец 2017-ФИП – 168 суток.

Скороспелые образцы обладали следующими генными маркерами: образец 4-18 – *e1-as e4-SORE-1,* Красивая меча – *E1 E4,* Оресса – *e1-as e4-SORE-1*, Сибирячка – *E1 E4 / e4-SORE-1*, Сибириада – *e1-as E4 / e4-SORE-1* и Припять – *e1-nl E4.* Урожайность зерна первых двух образцов 4-18 и Красивая меча в среднем составляла 25,5 и 17,9 ц/га соответственно, а сортообразцов Оресса, Сибирячка, Сибириада и Припять – 24,8; 21,3; 22,6 и 25,2 ц/га.

Количество боковых ветвей – показатель, характеризующий детерминантность образца. В изучаемой коллекции он варьировал от 0 до 3,0 на растение. Максимальное количество боковых ветвей отмечено у сорта Адесса. У образцов: Припять, Л-208 (Стрелецкая 208), СГ 59, Hei he 38, Hei he 43, Hei he 45, Hei he 51, Hei he 53, Hua jiang 4 все бобы были размещены на центральном стебле, что свидетельствует о характере детерминации ростовых процессов. Подобный тип размещения бобов на растении важен для включения в селекционный процесс по созданию дружносозревающих сортов сои. Среднее количество бобов на центральной кисти у вышеуказанных образцов составляло 28,6, а на боковых ветвях только 4,9 штук.

Одним из главных показателей, характеризующих продуктивность сорта, является количество семян, формирующихся на одном растении. В оцениваемой коллекции этот показатель варьировал от 47 шт/растение до 147,8 шт/растение. Продуктивностью семян более 100 шт. на растение характеризовались образцы Зуша, HUA JIANG4, Соя-23 д. 3, Сибирячка. Данные образцы представляют интерес для создания селекционного материала сои, характеризующегося высокой продуктивностью семян с одного растения.

Заключение

Совершенствование традиционных методик оценки по длительности вегетационного периода и фотопериодичности сои путем привлечения молекулярно-генетических методов идентификации аллелей генов, контролирующих проявление признака, позволило выделить перспективные образцы для селекции.

Анализ коллекционного материала сои методом маркерной селекции показал, что рецессивные аллели гена *E1*, определяющие нечувствительность к фотопериоду, встречаются у 78 % образцов. Рецессивный аллель e4-SORE-1 обнаружен у 17 образцов (47 %). Доминантный аллель гена *E4* присутствовал у 53 % образцов коллекции. Достаточно высокое носительство данного типа аллеля образцами изученной коллекции возможно связано с его эффектом на морфологию растения.

По результатам изучения выделены перспективные скороспелые образцы: образец 4-18, Красивая меча, Оресса, Сибирячка, Сибириада, Припять, которые формировали урожайность зерна 17,9–25,2 ц/га, характеризовались длительностью периода посев-созревание 137–147 суток и обладали следующими генными маркерами: образец 4-18 – e1-as e4-SORE-1, Красивая меча – E1 E4; Оресса – e1-as e4-SORE-1; Сибирячка – E1 E4 / e4-SORE-1, Сибириада – e1-as E4/ e4-SORE-1 и Припять – e1-nl E4. Данные образцы могут быть использованы в дальнейшей селекции сои по скороспелости.

Работа выполнена в рамках мероприятия 17 раздела научного обеспечения подпрограммы 3 «Изучение, идентификация и рациональное использование коллекций генетических ресурсов растений» Государственной программы «Научно-инновационная деятельность Национальной академии наук Беларуси» на 2021–2025 годы.

Литература

1. Давыденко, О. Г. Соя для умеренного климата / О. Г. Давыденко, Д.В. Голоенко, В.Е. Рознецвейг. – Минск, Тэхналогія, 2004. – 173 с.

2. Ержебаева, Р. С. Создание фотопериодически нейтральных линий сои (Glycine max (L.) Merr.) с использованием маркерной селекции / Р. С. Ержебаева, С. В. Дидоренко, А. А. Амангедиева. – Электрон. текстовые дан. // «Селекция и генетика культурных растений – 18 октября 2023»: посвящена 100-летию кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2022. – сб. – Коллекция: Конференции РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева. — URL:http://elib.timacad.ru/dl/full/sel2-2023.pdf (дата обрашения:07.03.2026г).

3. Крупин, П. Ю. Анализ аллельной структуры генов фотопериодизма e1–e4 в коллекции сои и ее влияния на сроки и продолжительность цветения в условиях Омской области / П. Ю. Крупин, Л. В. Омельянюк, М. А. Самарина [и др.]. // Российские нанотехнологии. – 2024. – Том 19, № 6. – С. 781–795.

4. Моисеенко, И. Я. Изучение коллекции ВИР – основа селекционного процесса сои северного экотипа / И. Я. Моисеенко, О. А. Зайцева // Cyberleninka – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-kollektsii-vir-osnova-selektsionnogo-protsessa-soi-severnogo-ekotipa/viewer (дата обрашения:07.03.2026 г.).

5. Перфильев, Р. Н. Разработка панели маркеров для генотипирования отечественных сортов сои по генам, контролирующим срок вегетации и реакцию на фотопериод / Р. Н. Перфильев, А. Б. Щербань, Е. А. Салина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 7. – С. 761-769.

6. Xia, Z. Positional cloning and characterization reveal the molecular basis for soybean maturity locus E1 that regulates photoperiodic flowering / Z. Xia [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2012. – Vol. 109, № 32. – P. 2155–2164.]

7. Xiaohui, Zhao, A critical suppression feedback loop determines soybean photoperiod sensitivity / Zhao Xiaohui, Li Haiyang, Wang Lingshuang, Wang Jianhao, Huang Zerong, Du Haiping, Li Yaru, Yang Jiahui, He Milan, Cheng Qun, Lin Xiaoya, Liu Baohui, Kong Fanjiang // Developmental Cell, Volume 59, Issue 13,2024, Pages 1750-1763.e4,ISSN 1534-5807, https://doi.org/10.1016/j.devcel.2024.04.004;

8. Lee, SH. Diversification in Functions and Expressions of Soybean Flowering locus T Genes Fine-Tunes Seasonal Flowering / Lee SH, Choi CW, Park KM, Jung WH, Chun HJ, Baek D, Cho HM, Jin BJ, Park MS, No DH, Lim LH, Shim SI, Chung JI, Kim MC. // Front Plant Sci. 2021 Apr 26;12:613675. doi: 10.3389/fpls.2021.613675. PMID: 33981322; PMCID: PMC8107440.

9. Rychel-Bielska, S. Molecular selection of soybean towards adaptation to Central European agroclimatic conditions / S. Rychel-Bielska [и др.] // J. Appl. Genet. – 2025. – Т. 66, № 1. – С. 29-45.

10. Zheng N, Guo Y, Wang S, Zhang H, Wang L, Gao Y, Xu M, Wang W, Liu W, Yang W. Identification of E1-E4 allele combinations and ecological adaptability of soybean varieties from different geographical origins in China. Front Plant Sci. 2023 Sep 4;14:1222755. doi: 10.3389/fpls.2023.1222755. PMID: 37731975;

11. Хань, Тяньфу. Прогресс в селекции скороспелых сортов сои в регионах с быстрой сменой сезонов в Китае / Хань Тяньфу, Яо Сянюй, У Тинтин, Цзя Хунчан, Юань

Шань, Сунь Ши, У Цуньсян // Агронаука. 2023. Том 1. № 2. С. 89–99. https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-2-89-99.

12. Xu M. Genetic variation in four maturity genes affects photoperiod insensitivity and PHYA-regulated post-flowering responses of soybean / M. Xu [et al.] // BMC Plant Biol. – 2013. – Vol. 13. – Art. 91.19.

13. Watanabe S. Genetic and molecular bases of photoperiod responses of flowering in soybean / S. Watanabe, K. Harada, J. Abe // Breed. Sci. – 2012. – Vol. 61, № 5. – P. 531–543.

STUDY OF THE SOYBEAN COLLECTION ON A SET OF ECONOMICALLY IMPORTANT TRAITS AND DNA MARKERS RELATED TO EARLY MATURITY

M.N. Kritsky, M.G. Sinyavskaya, A.A. Kozlovsky, Ya.S. Kolmakova, A.G. Vlasov

The article presents the results of the assessment of the soybean collection on early maturity under the conditions of the central part of Belarus using molecular and genetic methods for gene alleles identification. It's shown that the use of these methods can supplement traditional ways for evaluating breeding material on the duration of the vegetation period and photoperiodicity. As a result early-ripening soybean accessions with a vegetation period of 137–147 days were identified, possessing the following genetic markers: accession 4-18 – e1-as e4-SORE-1, Krasivaya mecha – E1 E4; Oressa – e1-as e4-SORE-1; Sibiryachka – E1 E4 / e4-SORE-1, Sibiriada – e1-as E4/ e4-SORE-1 and Pripyat – e1-nl E4. The grain yield of the accessions was 17.9–25.2 c/ha.

УДК 633.367.3:631.526.32

ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО СОРТА ЛЮПИНА БЕЛОГО ГРЕК

В.Ч. Шор, М.Н. Крицкий, *кандидаты с.-х. наук,*
А.А. Козловский *научный сотрудник*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 28.04.2026)

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. *В статье представлены результаты оценки нового сорта люпина белого Грек в конкурсном и государственном сортоиспытаниях. Показаны основные показатели продуктивности, качества зерна, а также морфологические признаки. Сорт люпина белого характеризуется высоким потенциалом продуктивности (до 50,0 ц/га), содержанием белка до 37,37 %. Сорт выровнен по высоте растений, цветению и созреванию. Отличительной особенностью является интенсивный первоначальный рост растений и достаточно высокая устойчивость к полеганию. Сорт зарегистрирован в Государственном реестре сортов и рекомендуется для возделывания в Республике Беларусь с 2026 года.*

Сельское хозяйство Республики Беларусь ориентировано на производство молока и мяса, поэтому главной задачей является обеспечение животноводства дешевыми полноценными кормами в достаточном объеме. Существующий дефицит растительного белка снижает продуктивность животных и

качество продукции, ведет к перерасходу кормов и увеличению себестоимости животноводческой продукции. В стоимости комбикормов самой дорогой составляющей является белковая. Решение проблемы растительного белка и снижение себестоимости в производстве животноводческой продукции, которая будет конкурентоспособной на продовольственном мировом рынке, возможно только при собственном возделывании зернобобовых культур [1].

Проблема дефицита растительного белка во многих странах мира вызвала повышенный интерес к люпину [2]. К несомненным достоинствам люпина относятся: высокая активность азотфиксации, способность расти на бедных и кислых почвах, извлекать фосфор из трехзамещенных фосфатов, создавать благоприятные условия для воздушного и водного режимов почвы, быть лучшим предшественником для яровых и озимых зерновых культур [3]. Растения имеют прямостоячий стебель, что облегчает механизированную уборку [2].

Необходимость импорта сои и белковая зависимость от США привели к поиску путей выхода из сложившейся ситуации. Разные виды люпина можно выращивать в более умеренных климатических условиях, чем соя. Эта культура менее требовательна к почве благодаря развитию мощной корневой системы. В семенах белого люпина содержится такое же количество белка, как в сое (35–40 %), аналогичного качества, но превосходит ее по урожайности. В отличие от сои семена люпина практически не содержат ингибиторов трипсина и их можно использовать в корм без термической обработки. Количество незаменимых аминокислот в люпине выше, чем у других зернобобовых, но незначительно уступает сое [3].

Для республики белый люпин – культура относительно новая. Если в 2020 г. не было производственных посевов белого люпина, то в 2023–2025 гг. под ними уже было около 1,5–5,6 тыс. га. Расширение площади пашни, занимаемой посевами белого люпина, требует оценки имеющихся ресурсов. В первую очередь, оценка биологических, почвенно-климатических, агроэкологических, технологических и экономических условий его возделывания позволит определить его распространение, потребность животноводства и возможные объемы и перспективы производства.

Введение белого люпина в севооборот эффективно на полях, отведенных для посевов сои, где урожаи не превысят 10–15 ц/га из-за недостатка влаги или тепла, т.к. белый люпин по сравнению с соей более засухоустойчив и требует во время вегетации меньшей суммы эффективных температур. Это позволит не только увеличить объемы производства зернобобовых культур, но и поднять экономику сельскохозяйственных предприятий.

Использование его в комбикормах животных позволяет не только сбалансировать по содержанию белка, но и снизить себестоимость производства концентрированных кормов. Возделывание белого люпина позволяет получать самый дешевый растительный белок, имеющий самые высокие показатели качества. Это делает белый люпин приоритетной стратегической культурой отечественного агропромышленного комплекса.

Большое значение в повышении экономической эффективности производства люпинов, возделываемых в республике, принадлежит правильному подбору сортового состава, так как выращивание сортов различных сроков созревания позволяет обеспечить равномерное использование трудовых ресурсов и техники. Совершенствование сортового состава зернобобовых культур, внедрение в производство устойчивых к основным болезням и вредителям, урожайных и высокоэффективных сортов является одним из направлений интенсификации их производства.

В Республике Беларусь ведется активная селекционная работа в ряде научных учреждений по селекции интенсивных сортов различных видов люпина. В первую очередь, необходимо создать сорта с измененной архитектоникой растений с заблокированным типом ветвления (колосовидный тип) или с укороченными боковыми ветвями с заблокированным боковым ветвлением на уровне второго-третьего порядка (щитковидный тип), цветущих и созревающих одновременно с центральной кистью, что резко сокращает период цветения и созревания. Растения с данным морфотипом имеют ограниченный период роста, не израстают при избытке влаги и дружно созревают. Особенно актуально создание сортов с таким морфотипом для люпина белого, большинство сортов которого характеризуется позднеспелостью и до недавнего времени не возделывались в республике [1].

С 2014 г. разработана и успешно реализуется программа по целенаправленному объединению желательных признаков трех подвидов люпина (белого, греческого, Вавилова) в одном генотипе и созданию на его основе принципиально новых интенсивных маслично-белковых сладких сортов люпина, обладающих высоким потенциалом урожайности и адаптивности.

К настоящему времени созданы сладкие образцы люпина белого с редуцированным в разной степени симподиальным ветвлением (типы: дикий, псевдодикий, щитковидный, метельчатый, колосовидный) с потенциальной урожайностью 5–6 т/га и вегетационным периодом 120–135 суток [5, 7].

Цель исследований – оценить в конкурсном испытании и государственном сортоиспытании новый сорт белого люпина Грек по комплексу хозяйственно-биологических признаков.

Условия и методика исследований. Исследования и отбор перспективных форм проведены в полевых условиях селекционного севооборота РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на протяжении 2012–2023 гг. Государственное сортоиспытание проводилось в 2024–2025 гг. на 6 госсортоучастках. Полевые исследования по селекции люпина белого проводились в соответствии с методическими указаниями [4] и методикой Госкомисии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

Новый исходный материал создается методом внутривидовой гибридизации с привлечением лучших коллекционных и селекционных образцов. В селекционную работу постоянно вовлекаются источники различных признаков, обнаруженные в коллекции Генбанка. Ежегодная проработка полученного гибридного материала позволяет нам выделить высокопродуктивные линии с хозяйственно ценными признаками: с ограниченным ростом, разной

длиной вегетационного периода и потенциалом продуктивности – колосовидным, метельчатым и щитковидным. На их основе отрабатываются модели новых сортов белого люпина для условий республики. В результате чего в отделе ежегодно создается обширный перспективный селекционный материал, характеризующийся разнообразием морфобиологических признаков. Предпочтение при отборах в гибридных популяциях отдается новым морфотипам.

В качестве родительских форм для проведения скрещиваний использовали образцы люпина белого из коллекции, линии собственной селекции отдела зернобобовых культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»: ББГ- 1, ББГ- 14.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м мореным суглинком, связно-супесчаная, характеризуется следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,2–6,4, P_2O_5 – 200–260 мг/кг почвы, K_2O – 220–270 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,11–2,46 %;

Подготовка почвенного участка к посеву весной состояла из культивации и предпосевной обработки. Минеральные удобрения вносили общим фоном. Посев в испытательных питомниках проведен сеялкой точного высева ССФК. В качестве стандарта использовался во всех питомниках сорт люпина белого Эллин. Площадь делянки – 10 $м^2$. Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное.

Агрометеорологические условия за период селекционной работы и изучения в конкурсном и государственном сортоиспытании характеризовались разнообразием как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков, и в отдельные периоды значительно отличались от среднемноголетних значений, что позволило оценить его на устойчивость к неблагоприятным факторам среды.

Результаты исследований и их обсуждение. В настоящее время селекция белого люпина направлена на создание высокоурожайных, скороспелых, низкоалкалоидных сортов для пищевых и кормовых целей, а также сидератов, с улучшенными характеристиками (устойчивость к болезням и стрессам). Основные направления включают: создание сортов с метельчатой и колосовидной структурой растения, улучшение питательной ценности и технологичности, а также повышение продуктивности для возделывания в разных регионах.

Результатом селекционной деятельности селекционеров отдела зернобобовых культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» стало создание детерминантного сорта люпина белого универсального направления использования **Грек,** сочетающего устойчивость к полеганию с комплексом ценных хозяйственных признаков. Данный сорт создан индивидуально-семейным отбором из гибридной популяции на искусственном антракнозном и фузариозном фонах с последующей оценкой продуктивных и толерантных к антракнозу форм в селекционных питомниках. Внеш-

ней вид растения и сноп люпина белого сорта Грек представлены на рисунке 1.



А Б

Рисунок 1. Внешней вид растения (А) и снопа (Б) люпина белого сорта Грек

Сорт Грек универсального направления использования. Был выделен как высокоурожайный в СП1 в 2016 г. Имеет быстрый начальный темп роста. Относится к среднеспелой группе. Длина вегетационного периода при использовании на зерно и семена в 2021–2023 гг. составляла 98–120 дней. Обладает генетически законченным ростом, бобы формируются на главном стебле и укороченных боковых побегах второго-третьего порядка. Высота растений 63–78 см. Имеет высокую устойчивость к полеганию, толерантен к антракнозу.

Содержание белка в зерне 33,9–36,0 % (в обрушенном – 44 %), алкалоидов в зерне – 0,02–0,04 %. Отличается высоким потенциалом продуктивности. Средняя урожайность семян в питомнике селекционного сортоиспытания за 2021–2023 гг. составила 50,0 ц/га, что на 5,0 ц/га (11,1 %) выше контроля (таблица 1). Масса 1000 семян – 278 г. Устойчивость к полеганию – выше контроля (4,5 балл устойчивости).

Морфологические признаки сорта Грек. Растение средней высоты, детерминантное, среднеолиственное. Листья среднего размера, ксероморфные, зеленые. Антоциановая окраска стебля средней интенсивности. Цветок крупный, сине-голубой. Крылья цветка синие. Кончик лодочки сине-черный. Боб средней длины. Семена белые с красновато-коричневыми пятнами, крупные, округло-угловатой формы, сплюснутые с боков (рисунок 2). Среднее количество семян в бобе 4,1 шт. Окраска семядолей желтая.

С 2024 г. новый сорт люпина белого проходил Государственное сортоиспытание, где показал и подтвердил высокие хозяйственно полезные свойства и по результатам двулетнего испытания был районирован по всем областям Республики Беларусь.



Рисунок 2. Внешний вид семян люпина белого сорта ГРЕК

Таблица 1. Характеристика сортов люпина белого, селекционное сортоиспытание (среднее за 2021–2023 гг.)

Показатель	Эллин, контроль	Грек	± к контролю, %
Урожайность семян, ц/га	45,0	50,0	111,1
Урожайность зеленой массы, ц/га	375,0	381	101,6
Урожайность сухого вещества, ц/га	78,8	85,7	108,8
Масса 1000 семян, г	285	278	97,5
Содержание белка, %	35	35	100,0
Содержание масла в семенах, %	10,3	10,3	104,5
Содержание алкалоидов в семенах, %	0,02-0,04	0,02-0,04	100,0
Период вегетации, сутки	110	108	98,2
Высота растений, см	66	71	107,6
Устойчивость к полеганию, балл	4,0	4,5	125,0
Устойчивость к осыпанию, балл	5,0	5,0	100,0

В ГСИ за 2024–2025 гг. испытания средняя урожайность зерна сорта Грек составила 30,7 ц/га, максимальная урожайность 47,4 ц/га была получена в 2024 г. на ГСХУ «Лепельская СС» [6]. Средняя урожайность зерна у сорта Мичуринский российской селекции в эти годы составляла 28,4 ц/га (рисунок 3). Вегетационный период данного сорта составил в среднем 124 дня при колебаниях 113–144 дня. Содержание белка в зерне – до 37,37 % алкалоидов в зерне – до 0,06 %.

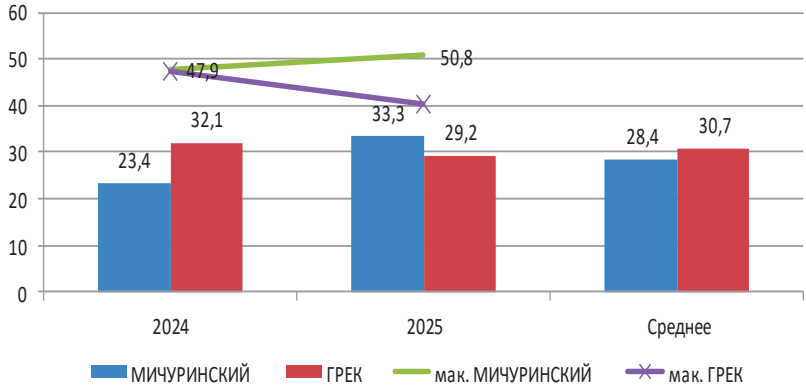


Рисунок 3. Средняя и максимальная урожайность люпина белого сорта Грек в Государственном сортоиспытании в 2024–2025 гг.

Масса 1000 зерен данных сортов существенно не отличается 286 и 281 г. Устойчивость к полеганию сорта Грек оценивается в 3,7 балла, к осыпанию в 4,8 балла, сорта Мичуринский в 3,6 и 4,8, соответственно. Вегетационный период за годы испытания в Государственном сортоиспытании у сорта Грек колебалось от 113 дней до 144, при среднем значении 124 дня (таблица 2).

Таблица 2. Характеристика сортов люпина белого в ГСИ в 2024–2025 гг.

Сорт	Масса 1000 зерен, г		Вегетационный период, дней		Урожайность сухого вещества, ц/га	
	$\bar{x}$	$Lim_{min...max}$	$\bar{x}$	$Lim_{min...max}$	$\bar{x}$	$Lim_{min...max}$
Мичуринский	286	236–367	125	110–143	-*	-*
Грек	**281**	**218–366**	**124**	**113–144**	**70,0**	**35,6–95,9**

* - не проводились

Средняя урожайность сухого вещества составила 70,0 ц/га при колебаниях на сортоиспытательных станциях от 35,6 до 95,9 ц/га [6].

Востребованность семян люпина белого на отечественном рынке является сильнейшим стимулом увеличения объемов его производства и качества получаемой продукции. В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» организовано первичное семеноводство нового сорта, которое обеспечит быстрое и качественное размножение семян.

Заключение

В результате селекционной работы создан сорт люпина белого Грек. Хозяйственно биологическая оценка его показателей установила, что он обладает комплексом хозяйственно ценных признаков и соответствует евро-

пейскому уровню, способен формировать в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь высокие урожаи зерна до 50,0 ц/га с содержанием белка в зерне до 37,37 %. Включен в Государственный реестр с 2026 г. Внедрение в сельскохозяйственное производство скороспелого, продуктивного, малоалкалоидного люпина белого сорта Грек селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» позволит внести существенный вклад в решение проблемы дефицита кормового белка в животноводстве республики, а также в импортозамещении дорогой сои.

Литература

1. Равков, Е. В. Перспективы использования сортов белого и желтого люпина в решении проблемы растительного белка / Е. В. Равков, Ю. С. Малышкина // Аграрная наука производсту. – 2024. – №1 (5). – С. 24-26.

2. Гатаулина, Г. Г. Белый люпин – перспективная кормовая культура / Г. Г. Гатаулина., Н. В. Медведева // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 10. – С. 49–51.

3. Егоров, И. А. Белый люпин и другие зернобобовые культуры в кормлении птицы / И. А. Егоров, Е. Н. Андрианова // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 9. – С. 36–38.

4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов // М.: Агропромиздат, 1985. – 5 изд. – 351 с.

5. Государственное учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» [Электронный ресурс] / Минск, 2026. – Режим доступа: http://sorttest.by. – Дата доступа: 01.03.2026.

6. Результаты испытания сортов растений 2023–2025 / Государственное учреждение «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» [Электронный ресурс] / Минск, 2026. – Режим доступа: https://sorttest.by/resultSort/2023-2025/pulses/WHITE_LUPINE_GRAIN.pdf. - Дата доступа: 22.04.2026.

7. Пашкевич, П. А. Селекция колосовидных пищевых сортов люпина белого – очередной этап доместикации культуры / П. А. Пашкевич, Д. И. Клюсова, Д. А. Бугрова, Н. С. Купцов Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» ; редкол.: С.В. Кравцов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – Вып. 59. – С. 286–294.

CHARACTERIZATION OF THE WHITE LUPINE NEW VARIETY GREEK

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

The paper demonstrates the results of the evaluation of the white lupine new variety Greek in competitive and state variety trials. The main indicators of productivity, grain quality and morphological traits are shown. The white lupine variety is characterized by a high productivity up to 50.0 c/ha with protein content of up to 37,37%. The variety is aligned in plant height, flowering and maturity. A distinctive feature is the intensive initial growth of plants and a fairly high resistance to lodging. The variety is registered in the State Register of Varieties and has been recommended for cultivation in the Republic of Belarus since 2026.

УДК 633.853.494«324»:631.527.5

ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ РАПСА ОЗИМОГО МЕТОДОМ ТОПКРОССА

Я. Э. Пилюк, *доктор с.-х. наук,* **Н. Н. Бобко, А. А. Новичек**
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 30.04.2026)

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

Аннотация. *В статье проводится анализ расчета комбинационной способности (КС) 16 генотипов рапса озимого (семь стерильных линий на основе ЦМС Ogura и девять отцовских линий тестеров) отечественной селекции по урожайности маслосемян, определяемой по схеме тесткроссов (3х5 и 4х4) и 8 генотипов (3 стерильных линий на основе ЦМС Ogura и пяти отцовских линий тестеров (3х5) по массе 1000 семян). Рассматривается отношение средних квадратов изменчивости ОКС и СКС с целью определения преобладающих эффектов генов. Проведено изучение 31 межлинейного гибрида F_1 рапса озимого по признаку «урожайность» и 15 по признаку «масса 1000 семян», выявлены линии с высокими значениями эффектов ОКС, а также отобраны перспективные гибридные комбинации F_1 на основе ЦМС и андроклинных линий с высокими эффектами СКС для использования в селекции гетерозисных гибридов.*

Введение. Одно из перспективных направлений селекции рапса озимого – создание гетерозисных гибридов, однако гибридные комбинации не всегда дают ожидаемый гетерозисный эффект. Важный этап в селекционном процессе – оценка комбинационной способности (КС) исходных форм рапса. Для создания конкурентоспособных гибридов рапса необходимо иметь достаточное количество родительских линий, обладающих селекционно-ценными признаками с высокой комбинационной способностью [1].

Оценку комбинационной способности родительских линий обычно проводят на основе испытания гибридов от диаллельных скрещиваний. Однако эта схема скрещиваний требует получения большого числа гибридов и является невыполнимой при большом числе изучаемых линий. Наиболее продуктивным и экономически выгодным является метод топкросса, предложенный R.L.Davis [2, 3].

Комбинационная способность представляет собой возможность родительских пар комбинироваться, т.е. в результате скрещиваний давать такие комбинации, которые были бы лучше, нежели родительские формы. С ее помощью можно определить особенности взаимодействия генов, а также установить донорские способности исследуемых образцов. Изучение материала в этом отношении – важный и необходимый этап селекционного процесса [4, 5].

Целью наших исследований было оценить общую и специфическую комбинационную способность инбредных линий рапса озимого на основе тестовых скрещиваний по схеме полных топкроссов и выявить лучшие родительские линии для использования в селекции гибридного рапса.

Методика проведения исследований. Исследования проводили в 2024–2025 гг. в полевых условиях на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Самоопыленные линии рапса, ЦМС линии и гибриды F_1 высевали отдельными блоками. Размещение внутри блока рендомизированное. Посев – сплошной рядовой, площадь делянки – 10 м^2, повторность – трехкратная.

Материалом для включения в топкроссные скрещивания послужили семь стерильных линий на основе ЦМС Ogura и девять отцовских линий (тестеров) рапса озимого. Всего получен и изучен 31 гибрид рапса озимого F_1 по схеме топкроссов 3 × 5 и 4 × 4. Определение общей (ОКС) и специфической (СКС) комбинационной способности у простых межлинейных гибридов F_1 на основе ЦМС Ogura, полученных по схеме полных топкроссов, проводилось с помощью математической модели, предложенной В.Г. Вольфом и П.П. Литуном [6].

Статистическая обработка данных проводилась по общепринятым методикам [7] с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты полевых испытаний 15 гибридов рапса озимого, полученных в тестерных скрещиваниях по схеме 3 ×5, показали, что максимальная урожайность (54,9 ц/га) отмечена у гибрида F_1 9/6-24 × Арсенал (таблица 1). Дисперсионный анализ выявил наличие достоверных различий между изучаемыми гибридами, урожайность которых варьировала от 41,7 до 54,9 ц/га при использовании тестера Арсенал, от 45,3; 39,4; 40,3 и 40,4 до 50,5; 44,6; 53,6 и 47,8 ц/га – у линий с тестерами Витовт, Северин, Айчынны и Адонис соответственно.

Таблица 1. Урожайность семян межлинейных гибридов F_1 рапса озимого

Линия	Тестер					Среднее Xi
	Арсенал	Витовт	Северин	Айчынны	Адонис	
9/6-24	54,9	49,1	39,4	43,3	41,8	45,7
12/3-24	53,1	50,5	44,6	53,6	40,4	48,4
2/7-24	41,7	45,3	39,7	40,3	47,8	43,0
Среднее Xi	49,9	48,3	41,2	45,7	43,3	$\bar{x}$ = 45,7
$НСР_{05}$	2,21					

Наиболее урожайные гибриды получены с использованием материнской линии 12/3-24 и отцовских линий-тестеров Арсенал и Витовт (таблица 2). Частота высокоурожайных гибридов F_1 по опыту составила 46,7 % (7 из 15).

Генотипы материнских и отцовских линий (тестеров) оказали одинаковое влияние на варьирование гибридов по урожайности (таблица 3), ОКС материнских линий (ms^2 = 37,54) и линий-тестеров (ms^2 =37,19) практически не

отличаются. Суммарно на долю эффектов ОКС приходится 76,1 % изменчивости урожайности изучаемых гибридов, а на долю СКС – 23,9 %. Из этого следует, что наследование урожайности семян у изучаемых гибридов обусловлено аддитивным взаимодействием генов.

Таблица 2. Дисперсионный анализ данных урожайности межлинейных гибридов F_1 рапса озимого по урожайности

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F_{05}
Общая	1281,79	44			
Повторений	0,08	2			
Вариантов	1232,96	14	88,07	50,61	2,07
Ошибки	48,75	28	1,74		

Таблица 3. Дисперсионный анализ комбинационной способности инбредных линий рапса озимого по урожайности

Дисперсия	df	ss	ms	F	
				факт.	табл.
ОКС линии	2	75,08	37,54	64,72	3,34
ОКС тестеров	4	148,76	37,19	64,12	2,71
СКС	8	187,26	23,41	40,36	2,29
Ошибки	28	16,25	0,58		

По достоверно высокой ОКС выделились материнская линия 12/3-24 и отцовские линии-тестеры Арсенал и Витовт (таблица 4, рисунок 1). Эффекты ОКС у них были положительно высокими и составили 2,74, 4,20 и 2,59 соответственно. Анализ показывает, что эти линии оказали достоверно положительное влияние на уровень урожайности полученных с их участием гибридов и можно предположить, что в скрещиваниях с другими родительскими линиями также будут давать высокоурожайные гибриды [8].

Таблица 4 – Оценка эффектов ОКС материнских инбредных линий и отцовских линий-тестеров рапса озимого по урожайности

Линия			Тестер		
Название	Эффект ОКС	Оценка ОКС	Название	Эффект ОКС	Оценка ОКС
9/6-24	0,02	С	Арсенал	4,20	В
12/3-24	2,74	В	Витовт	2,59	В
2/7-24	-2,73	Н	Северин	-4,43	Н
Сумма	0,01		Айчынны	0,02	С
$НСР_{05}$	0,57		Адонис	-2,35	Н
			Сумма	0,03	
			$НСР_{05}$	0,81	

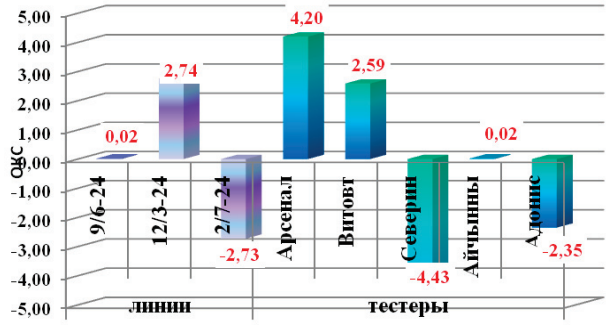


Рисунок 1. Оценка эффектов ОКС материнских инбредных линий и отцовских линий тестеров рапса озимого по урожайности

Высокие эффекты СКС отмечены у комбинаций 9/6-24 × Арсенал, 2/7-24 × Северин, 12/3-24 × Айчынны и 2/7-24 × Адонис. Линии 2/7-24, Северин и Адонис характеризовались относительно низкой ОКС (таблица 5).

Таблица 5. Оценка эффектов СКС материнских инбредных линий и отцовских линий-тестеров

Линия	Тестер					Сумма Sij	Сумма S2ij	G2Si
	Арсенал	Витовт	Северин	Айчынны	Адонис			
9/6-24	5,01	0,79	-1,82	-2,44	-1,53	0,0001	37,36	8,9
12/3-24	0,47	-0,52	0,61	5,12	-5,67	0,0002	59,23	14,4
2/7-24	-5,48	-0,27	1,22	-2,67	7,21	0,0003	90,67	22,2
Сумма Sji	0	0	0,0001	0,0002	0,0003			
Сумма S2ji	55,4	0,96	5,17	39,3	86,5			
G2Sj	27,4	0,19	2,29	19,4	43,0			
Среднее	18,5							15,2

Следовательно, высокие эффекты СКС можно получать при скрещивании линий не только с высокой, но и с низкой ОКС. Это подтверждает известное правило гетерозисной селекции, в соответствии с которым наивысшую специфическую комбинационную способность обнаруживают и в скрещиваниях, в которых один родитель имеет высокую, а второй низкую ОКС [9]. Наибольшее сочетание эффекта общей и вариансе специфической комбинационной способности было отмечено у материнской линии 12/3-24 и отцовской Арсенал. Они могут быть рекомендованы для получения практически значимых простых межлинейных гибридов.

Результаты полевого испытания 16 межлинейных гибридов по урожайности рапса озимого в тестерных скрещиваниях по схеме 4 × 4 показали, что максимальная величина этого показателя отмечена у гибрида F_1 6/2-25 × 3274/4-1 (56,6 ц/га) (таблица 6). Урожайность гибридов варьировала от 42,1 до 56,6 ц/га при использовании тестера 3274/4-1, от 46,5 до 50,2 ц/га, от 45,9

до 56,5 ц/га и от 42,1 до 54,2 ц/га у линий с тестерами 83/12 – 1П, 23/12 и 56/11-2 соответственно.

Таблица 6. Урожайность семян межлинейных гибридов F_1 рапса озимого, ц/га

Линия	Тестер				Среднее Xi
	3274/4-1	83/12 – 1П	23/12	56/11-2	
2/15-25	46,5	48,5	48,1	50,3	48,3
1/2-25	42,1	50,2	45,9	54,2	48,1
6/2-25	56,6	46,5	46,8	42,1	48,0
6/15-25	50,7	49,2	56,5	50,6	51,7
Среднее Xi	49,0	48,6	49,3	49,3	$\bar{x}$ = 49,0
$НСР_{05}$	0,73				

Дисперсионный анализ показал наличие достоверных различий между изучаемыми гибридами (таблица 7). В наших опытах наиболее урожайными оказались гибриды с участием линии 6/15-25 (Xi = 51,7 ц/га), а самая низкая величина этого показателя была характерна для образцов с участием линии 6/2-25 (Xi = 48,0 ц/га). Размах варьирования в этом случае составил 3,7 ц/га, или 7,7 %, что указывает на различную способность испытуемых линий создавать в комбинации с другими родителями более высокоурожайные простые гибриды.

Таблица 7. Дисперсионный анализ данных урожайности межлинейных гибридов F_1 рапса озимого

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	Fф	F_{05}
Общая	825,59	47			
Повторений	1,72	2			
Вариантов	818,22	15	54,55	287,09	2,04
Ошибки	5,65	30	0,19		

Генотипы материнских и отцовских линий (тестеров) оказали различное влияние на варьирование гибридов по урожайности. Дисперсионный анализ варианс КС показал (таблица 8), что ОКС материнских линий значительно выше (ms^2 = 13,01), чем линий тестеров (ms^2 =0,43). Таким образом, генотип материнских инбредных линий обусловил более сильное варьирование гибридов по урожайности, чем генотип отцовских линий (тестеров). Суммарно на долю эффектов ОКС приходится 34,2 % изменчивости урожайности изучаемых гибридов, а на долю СКС – 65,8 %. Из этого следует, что наследование урожайности семян у изучаемых гибридов обусловлено генами с доминантными и эпистатическими эффектами.

Достоверно высокую ОКС имела материнская линия 6/15-25, а также отцовские линии-тестеры рапса озимого 23/12 и 56/11-2 (таблица 9, рисунок 2). Эффекты ОКС у них были положительно высокими и составили 2,70, 0,26

и 0,25 соответственно. Эти линии оказали достоверно положительное влияние на уровень урожайности полученных с их участием гибридов.

Таблица 8. Дисперсионный анализ комбинационной способности инбредных линий рапса озимого по урожайности

Дисперсия	df	ss	ms	F	
				факт.	табл.
ОКС линии	3	39,04	13,01	216,83	2,92
ОКС тестеров	3	1,29	0,43	7,17	2,92
СКС	9	232,43	25,83	430,5	2,21
Ошибки	30	1,88	0,06		

Таблица 9. Оценка эффектов ОКС материнских инбредных линий и отцовских линий тестеров рапса озимого по урожайности

Линия			Тестер		
Название	Эффект ОКС	Оценка ОКС	Название	Эффект ОКС	Оценка ОКС
2/15-25	-0,68	Н	3247-4/1	-0,07	С
1/2-25	-0,94	Н	83/12 – 1П	-0,42	Н
6/2-25	-1,03	Н	23/12	0,26	В
6/15-25	2,70	В	56/11-2	0,25	В
Сумма	0,05		Сумма	0,02	
$НСР_{05}$	0,22		$НСР_{05}$	0,22	

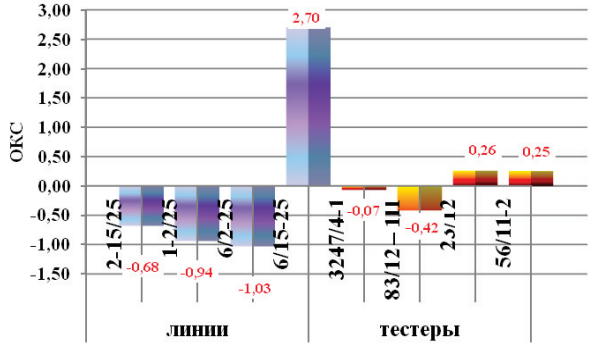


Рисунок 2. Оценка эффектов ОКС материнских инбредных линий и отцовских линий тестеров рапса озимого по урожайности

Анализ СКС материнских и отцовских линий показал (таблица 10), что высокие константы СКС имели гибридные комбинации 6/2-25 × 3247-4/1, 1/2-25 × 56/11-2, 6/15-25 × 23/12, 1/2-25 × 83/12 – 1П, 2/15-25 × 56/11-2, 2/15-25 × 83/12 – 1П. Существенно высокими вариансами СКС по урожайности характеризуются материнские линии (G2Sj) 6/2-25, 1/2-25 и отцовские линии-тестеры (G2Sj) 3247-4/1, 56/11-2. Наиболее удачное сочетание эффекта общей и варианс специфической комбинационной способности наблюдалось у

материнской линии 6/15-25 и отцовских 3247-4/1, 23/12 и 56/11, следовательно, они могут быть рекомендованы для получения практически значимых простых межлинейных гибридов

Таблица 10. Оценка эффектов СКС материнских инбредных линий и отцовских линий-тестеров рапса озимого по урожайности

Линия	Тестер				Сумма Sij	Сумма S2ij	G2Si
	3247-4/1	83/12 – 1П	23/12	56/11-2			
2/15-25	-1,79	0,59	-0,51	1,71	0	6,8	2,2
1/2-25	-5,91	2,55	-2,48	5,84	0	81,6	27,2
6/2-25	8,69	-1,03	-1,49	-6,17	0	116,8	38,9
6/15-25	-0,99	-2,10	4,47	-1,38	0	27,3	9,1
Сумма Sji	0	0	0	0			
Сумма S2ji	114,52	12,32	28,6	76,98			
G2Sj	38,13	4,07	9,49	25,62			
Среднее	19,3				19,3		

В текущем году масса 1000 семян гибридов изменялась в диапазоне 4,94-7,30 г (таблица 11). Гибридные комбинации 9/6-24 × Арсенал, 9/6-24 × Витовт, 9/6-24 × Северин, 12/3-24 × Арсенал, 12/3-24 × Айчынны, 2/7-24 × Северин характеризовались значением признака выше 6,5 г.

Таблица 11. Масса 1000 семян у межлинейных гибридов F_1 рапса озимого, г

Линия	Тестер					Среднее Xi
	Арсенал	Витовт	Северин	Айчынны	Адонис	
9/6-24	6,62	6,94	7,30	5,37	6,32	6,51
12/3-24	6,60	6,20	5,68	6,86	6,52	6,37
2/7-24	6,52	5,92	6,86	4,94	5,68	5,98
Среднее Xi	6,58	6,35	6,61	5,72	6,17	$\bar{x} = 6,29$
$НСР_{05}$	0,25					

Достоверность различий по массе 1000 семян между гибридами F_1, полученные с помощью однофакторного дисперсионного анализа, позволяет оценить комбинационную способность самоопыленных линий (таблица 12). Результаты изучения 15 гибридных комбинаций позволили установить эффекты общей комбинационной способности по массе 1000 семян. Выделены линии как с положительным, так и с отрицательным эффектами КС.

Таблица 12. Дисперсионный анализ по массе 1000 семян гибридов F_1 рапса озимого

Дисперсии	df	ss	ms	F	
				факт.	табл.
ОКС линии	2	0,74	0,37	37	3,34
ОКС тестеров	4	1,58	0,40	40	2,71
СКС	8	3,64	0,46	46	2,29
Ошибки	28	0,21	0,01		

По признаку «масса 1000 семян» высокой комбинационной способностью характеризовались линии 9/6-24, 12/3-24 и тестеры Арсенал и Северин, значения эффектов ОКС которых достоверно выше среднего значения ОКС по всем линиям (таблица 13). У остальных линий определены низкие положительные или отрицательные значения ОКС, что снижает их селекционную ценность. Целесообразность дальнейшего использования таких самоопыленных линий в селекционном процессе будет зависеть от величины их специфической комбинационной способности (СКС).

Таблица 13. Оценка эффектов ОКС материнских инбредных линий и отцовских линий тестеров рапса озимого по массе 1000 семян, г

Линия			Тестер		
Название	Эффект ОКС	Оценка ОКС	Название	Эффект ОКС	Оценка ОКС
9/6-24	0,22	В	Арсенал	0,29	В
12/3-24	0,08	В	Витовт	0,07	С
2/7/24	-0,29	Н	Северин	0,33	В
Сумма	0,01		Айчынны	-0,55	Н
$НСР_{05}$	0,07		Адонис	-0,1	С
			Сумма	0,04	
			$НСР_{05}$	0,11	

Дисперсия СКС выше средней выявлена у линии 12-3/24 и тестеров Северин и Айчынны. Анализ расчета СКС по массе 1000 семян показывает (таблица 39), что высокая специфическая комбинационная способность выявлена в комбинациях скрещивания 12/3-24 × Айчынны (1,05), 2/7-24 × Северин (0,55), 9/6-24 × Витовт (0,37) и 9/6-24 × Северин (0,47).

Таблица 14. Оценка эффектов СКС материнских инбредных линий и отцовских линий тестеров рапса озимого

Линия	Тестер					Сумма Sij	Сумма S2ij	G2Si
	Арсенал	Витовт	Северин	Айчынны	Адонис			
9/6-24	-0,18	0,37	0,47	-0,57	-0,07	-0,0001	0,72	0,17
12/3-24	-0,06	-0,24	-1,02	1,05	0,26	-0,0002	2,27	0,56
2/7-24	0,24	-0,13	0,55	-0,48	-0,19	-0,0003	0,65	0,15
Сумма Sji	0,0001	0	-0,0001	-0,0002	-0,0003			
Сумма S2ji	0,09	0,21	1,55	1,67	0,12			
G2Sj	0,04	0,1	0,77	0,83	0,05			
Среднее	0,36							0,29

Положительная оценка эффекта ОКС материнской линии 12/3-24 (0,08) при высоком значении вариансы СКС и отцовской линии тестера Северин (0,33) позволяет использовать их для получения высокогетерозисных гибридов.

Выводы

1. Наибольшее сочетание эффекта общей и варианс специфической комбинационной способности по продуктивности в схеме топ-кроссов (3×5) наблюдалось у материнской линии 12/3-24 и отцовской Арсенал, в схеме скрещиваний (4 × 4) у материнской линии 6/16-25 и отцовских – 23/12, 56/11 и 3247-4/1. Положительная оценка эффекта ОКС материнской линии 12/3-24 (0,08) при высоком значении вариансы СКС и отцовской линии тестера Северин (0,33) позволяет использовать их для получения высокогетерозисных гибридов.

2. В результате проведенных исследований получено 6 эксперементальных гибридов, характеризующихся высокой семенной продуктивностью: 9/6-24 × Арсенал, 12/3-24 × Айчынны, 12/3-24 × Арсенал, 6/2-25 × 3247-4/1, 1/2-25 × 56/11-2, 6/15-25 × 23/12.

Литература

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

2. Davis, R. L. Report of the Plant Breeder //Ann. Rept. Puerto Rico Agr. Exp. Station . 1927. – P.14-15.

3. Davis, R. L. Maize crossing values in second-generation lines // Journal of Agricultural Research. Washington, D.S. 1931. – v.48. – № 4. – P.339-357.

4. Жуковский, П. М. Гетерозис как эволюционное явление в растительном мире и проблемы его использования в сельском хозяйстве / П. М. Жуковский // Вестник с.-х. наук. – 1967. – № 3. – С. 39-48.

5. Беседа, Н. А. Комбинационная способность сорго зернового в системе диаллельных скрещиваний / Н. А. Беседа, П. И .Костылев, С. И. Горпиниченко // Зерновое хозяйство России. – 2009. – №1. – С. 14-16.

6. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа эксперементальных данных по изучению комбинационной способности / ВАСХНИЛ, Юж. Отд-ние Украинский НИИ растениеводства, селекции и генетики им. В.Я. Юрьева ; [Сост. В. Г. Вольф, П. П. Литун, А. В. Хавелова, Р. И. Кузьменко]. – Харьков : УНИИРСИГ, 1980. – 76 с.

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

8. Reif, J.C., Hahn V., Melchinger A.E. Genetic basis of heterosis and prediction of hybrid performance // Helia. – 2012. – v. 57. – P.1–8.

9. Anand, L. J. Breeding hubrids in rapseed and mustard / L. J. Anand // Proc.7th Intern / Rapseed Congr. – 1987. – Vol. 1. – P.79-85.

EVALUATION OF THE COMBINING ABILITY OF WINTER RAPE INBREED LINES BY THE TOP-CROSS METHOD

Ya. E. Piliuk, N. N. Bobko, A. A. Novichek

The paper analyzes the calculation of the combining ability (CA) of 16 winter rape genotypes (seven sterile lines based on CMS Ogura and nine paternal tester lines) of the national breeding on oilseed yield, determined by the test-cross scheme (3x5 and 4x4) and 8 genotypes (3 sterile lines based on CMS Ogura and five paternal tester lines (3x5) by the 1000-grain weight). The ratio of the mean squares of GCA and SCA is considered in order to determine the predominant effects of genes. The study of 31 interlinear F_1 winter rape hybrids was conducted based on the "yield" trait and 15 – on the "1000-grain weight" trait, the lines

with high values of the GKS effects were identified and promising F_1 hybrid combinations based on CMS and androclinic lines with high SCA effects were selected for the use in heterotic hybrids breeding.

УДК 633.853.494«321»:631.526.32:001.83

ХОЗЯЙСТВЕННАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТООБРАЗЦОВ РАПСА ЯРОВОГО СЕЛЕКЦИИ ЛЕНИНГРАДСКОГО НИИСХ «БЕЛОГОРКА» В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Я. Э. Пилюк*[1]*, *доктор с.-х. наук,* ***А. В. Бакановская*[1]*, О. А. Пикун*[1]*,***
научные сотрудники, ***И. А. Черепок*[1]*,*** *кандидат с.-х. наук,*
Е. Н. Пасынкова*[2]*, *доктор биол. наук,* ***Л. П. Бекиш*[2]*,*** *канд. биол. наук*
[1]*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»*
[2]*Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха», д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Россия*

(Дата поступления статьи в редакцию 29.06.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты оценки 34 сортообразцов, созданных отделом селекции и первичного семеноводства зерновых, зернобобовых культур и рапса Ленинградского НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» в природно-климатических условиях Центральной зоны Республики Беларусь по урожайности и качеству семян, продолжительности вегетационного периода, элементам архитектоники и структуры урожая. В результате экологического испытания по комплексу признаков выделены образцы №25/20, №69/22, №64/24, № 625, №55/24 и сорт Луч.*

Введение. Рапс – это ценная сельскохозяйственная культура, которая используется как на пищевые, так и кормовые и технические цели, и является основной масличной культурой многих стран, где погодные условия не позволяют гарантированно возделывать более теплолюбивые маслосодержащие культуры [1]. Рапс является отличным предшественником для других сельскохозяйственных культур, который улучшает агрофизический и фитосанитарный состав почвы [2]. Рапс является очень пластичной и универсальной культурой, однако его урожайность сильно зависит от почвенно-климатических условий и уровня культуры земледелия. Успешное выращивание высоких урожаев маслосемян определяется использованием лучших современных гибридов и сортов рапса, приспособленных к тем или иным конкретным условиям региона, обеспечивающих высокую и стабильную урожайность в зоне районирования [3, 4]. Создание новых продуктивных сортов и гибридов способствует расширению географии возделывания куль-

туры и объемов его производства, в том числе благодаря многолетним исследованиям и успехам селекционеров в создании сортов 00-типов, используемых в настоящее время [5]. Сравнительная оценка продуктивности новых сортов и гибридов в конкретном регионе их возделывания является актуальной проблемой для производства масличного сырья с низкой себестоимостью, поскольку потенциальные возможности любого сорта изучаемой культуры наиболее полно проявляются только в определенных почвенно-климатических условиях [6].

Целью исследований являлась оценка перспективных сортообразцов селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха» по урожайности и качеству семян, продолжительности вегетационного периода, элементам архитектоники, биометрическим параметрам, элементам структуры урожая.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва опытного участка дерново-подзолистая слабооподзоленная, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореной со следующей характеристикой пахотного слоя: pH_{KCl} – 6,0; содержание P_2O_5 – 255 мг/кг; K_2O – 340 мг/кг (по Кирсанову), гумус (по Тюрину) – 2,8 %. Площадь делянки 10 $м^2$ (первого года изучения). Способ посева – рядовой. Повторность – 3-кратная. Контрольный сорт – Топаз. Предшественник – гречиха. Осенью под вспашку по соломе предшественника вносили аммонизированный суперфосфат и хлористый калий общим фоном в дозе $P_{80}K_{120}$, азотные удобрения – N_{120} в предпосевную культивацию в виде мочевины, N_{30} – в подкормку в период стеблевания до начала бутонизации. Обработка почвы, посев и дальнейший уход осуществлялись в соответствии с общепринятой для ярового рапса технологией возделывания [7]. Для защиты рапса ярового против однолетних двудольных и злаковых сорняков по вегетации вносили Пронит, КЭ 3,0 л/га в фазу 2–4 листьев сорняков. Защита посевов рапса ярового от вредителей проводилась инсектицидами при наступлении экономического порога вредоносности (ЭПВ) в межфазный период стеблевание – бутонизация, для борьбы с рапсовым цветоедом использовался препарат Декстер (0,2 л/га), в фазу желтого бутона – Рогор-С, КЭ (0,8 л/га) против рапсового цветоеда, стеблевого и семенного скрытнохоботников, капустной моли и тли. Для защиты посевов от болезней в фазу середины цветения вносили фунгицид Пиктор, КС (0,4 л/га).

Закладка опытов, морфологический анализ растений, отбор пробных снопов перед началом уборки культуры, анализ полученных результатов проводили по методикам: ВИР, 1989 [8] и Б. А. Доспехова, 1985 [9]. Учет урожайности маслосемян – методом сплошного обмолота учетных делянок комбайном Classic. Содержание глюкозинолатов, белка и масличность определяли методом инфракрасной спектроскопии с помощью NIRS 5000, жирнокислотный состав – методом газожидкостной хроматографии.

Формирование урожая рапса ярового обусловили погодные условия вегетационного периода, генотип и технология возделывания. Вегетационный

период 2024 г. характеризовался избытком осадков в апреле, во второй декаде июня, июля и августа, продолжительной засухой в мае (за месяц выпало 13,4 мм осадков), дефицитом осадков в третьей декаде июня (-65 %) и в первой и третьей декадах августа (-55 % и -67 % от нормы). В целом этот год был очень теплым. Особенно жаркими были третья декада мая (+5,1 ºС), июня (+3,7 ºС), вторая декада июля (+3,9 ºС), третья декада августа (+5,1 °С). В дневное время температура воздуха поднималась до +30–34 ºС. В течение вегетационного периода 2025 г. погодные условия характеризовались недостатком осадков в апреле, их избытком во второй и третьей декадах мая, июне и второй декаде июля. Теплее обычного было в апреле (+1,4…+4,7 ºС), при этом днем температура поднималась до 27 ºС, а ночью опускалась ниже 0 ºС до –3…–7 ºС. В первой и второй декадах мая среднесуточная температура воздуха была ниже нормы на 3,9–4,4 ºС или на 30–38,4 % с ночными заморозки до –3 ºС. В июне также температура была на 1,6–2,0 ºС или на 9,4–11,5 % ниже среднемноголетних показателей. Июль был влажным и теплым, первая декада августа характеризовалась недостатком влаги. Почвенно-климатические условия Центральной зоны, где проводились исследования, были в целом благоприятными для возделывания рапса ярового.

Результаты исследований и их обсуждение. В 2024 г. и 2025 г. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» изучались по комплексу хозяйственно-ценных признаков в питомнике экологического сортоиспытания 34 сортообразца ярового рапса селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха». Продолжительность вегетационного периода образцов в 2024 г. составила 108–110, в 2025 г. – 106–109 суток. Наиболее продуктивными в 2024 г. были образцы №25/20 (28,8 ц/га) и №625 (27,4 ц/га), в 2025 г. – №25/20 (51,6 ц/га), №47/21 (45,6 ц/га), №41/20 (44,8 ц/га) (таблицы 1, 2). В целом, в условиях 2025 г. благодаря достаточному количеству влаги в критические периоды роста и развития растений урожайность рапса ярового превысила этот показатель предыдущего года максимально до 79,2 %.

Таблица 1. Урожайность и качество маслосемян сортообразцов ярового рапса селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка», 2024 г.

Образец	Урожайность, ц/га	Продолжительность вегетационного периода, сутки	Содержание, %		
			масло	протеин	глюкозинолаты
1	2	3	4	5	6
Топаз, к.	25,4	109	40,1	24,6	0,69
Оредеж 4	18,7	110	37,5	23,5	0,60
Оредеж 5	23,9	109	38,9	24,5	1,03
Оредеж 6	26,6	108	41,3	22,9	1,10
Оредеж 7	25,4	108	40,7	24,7	1,22
Луч	22,7	109	38,8	24,6	0,88
№625	27,4	110	40,6	21,9	0,91
№708	24,4	108	40,2	24,0	0,87

Продолжжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
№720	20,4	109	39,5	24,2	0,72
№814	23,0	109	41,6	23,0	0,72
№839	25,6	108	40,2	24,3	0,73
№927	21,2	109	42,5	21,7	0,67
№22/20	18,0	109	41,2	23,2	0,78
№25/20	28,8	109	38,5	23,2	0,60
№29/20	18,0	108	40,4	23,6	0,89
№41/20	21,1	108	40,8	24,5	0,84
№42/20	25,9	108	39,5	22,8	0,65
№54/20	21,8	109	38,9	24,8	1,10
№23/21	23,9	108	41,4	23,1	0,78
№47/21	19,5	109	39,5	23,2	0,85
№74/21	21,8	110	40,5	24,2	1,22
№97/21	21,6	109	38,6	24,7	0,99
№98/21	23,4	110	39,4	24,5	1,05
№64/22	25,4	109	39,0	23,4	0,82
№69/22	25,9	110	37,8	24,5	1,01
Среднее	**23,3**	**109**	**39,9**	**23,7**	**0,88**
Min - Max	**18,0-28,8**	**108-110**	**37,5-42,5**	**21,7-24,8**	**0,60-1,22**

Недостаток атмосферных осадков в период формирования урожая в 2024 г. способствовал снижению содержания масла в семенах рапса ярового в среднем по питомнику экологического испытания до 40,1 %. Погодные условия 2025 г. оказали положительное влияние на увеличение масличности семян, которая составила в среднем 42,5 % (таблица 2). Содержание протеина находилось в обратно-пропорциональной зависимости с масличностью: в 2024 г. составило 22,3–26,0 %, в 2025 г. – 20,3–24,1 %, глюкозинолатов – в пределах 0,60–1,22 и 0,67–1,63 % соответственно.

Таблица 2. Урожайность и качество маслосемян сортобразцов ярового рапса селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка», 2025 г.

Образец	Урожайность, ц/га	Продолжительность вегетационного периода, сутки	Содержание,%		
			масло	протеин	глюкозинолаты
1	2	3	4	5	6
Топаз, к.	48,3	107	44,0	21,8	0,67
Оредеж 7	27,0	108	42,5	23,5	1,15
Луч	43,0	107	43,5	21,7	1,00
№22/20	29,1	107	42,4	23,0	0,93
№25/20	51,6	107	42,7	22,9	1,22
№29/20	39,6	106	42,4	22,6	1,41
№41/20	44,8	106	42,6	22,4	1,13
№42/20	39,6	106	41,8	22,4	1,12

Продолжжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
№54/20	37,0	107	42,7	22,7	1,34
№23/21	35,6	106	41,5	24,5	1,02
№47/21	45,6	107	42,5	21,5	1,29
№74/21	29,1	108	42,6	23,0	1,20
№91/21	43,3	108	42,5	22,5	1,16
№64/22	43,2	107	43,0	22,1	1,26
№69/22	36,9	108	42,4	22,6	1,13
№52/24	30,0	107	42,9	22,2	0,98
№54/24	37,2	108	43,2	22,4	1,34
№55/24	30,2	107	41,4	23,6	1,12
№57/24	36,6	108	42,8	22,5	1,63
№60/24	36,8	107	42,7	21,8	1,58
№61/24	39,5	108	42,0	22,5	1,58
№62/24	36,8	107	42,3	22,4	1,30
№64/24	39,2	107	42,8	21,9	1,32
№74/24	41,6	107	41,6	22,6	1,45
№81/24	39,8	108	40,8	23,8	1,47
ИК24	36,4	109	42,4	23,9	0,82
Среднее	**38,4**	**107**	**42,5**	**22,6**	**1,22**
Min - Max	**27,0-51,6**	**106-109**	**40,8-43,5**	**21,5-24,5**	**0,67-1,63**

Анализ основных элементов структуры урожая сортообразцов ярового рапса в питомнике экологического испытания (таблицы 3, 4) показал, что по признаку «число стручков на растении» в 2024 г. выделись образцы №25/20 (169 шт.), №69/22 (144 шт.), в 2025 году – №25/20 (159 шт.), остальные по этому показателю были ниже контрольного сорта Топаз. Число ветвей первого порядка у изучаемых образцов ярового рапса в 2024 г. находилось в пределах 4,0–7,7 шт., в 2025 г. – 4,7–8,0 шт., второго порядка – 4,0–15,3 и 8,0–17,3 шт. соответственно. Наибольшим числом семян в стручке на центральной кисти в 2024 г. отличались №64/22 (33 шт.), №25/20 и Луч (32 шт.), которые превысили контрольный сорт Топаз (30 шт.) по этому показателю на 6,6–9,9 %, в 2025 г. все образцы были на уровне или ниже контроля.

Семена сортообразцов селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» в 2024 г. в среднем были крупнее, чем в 2025 г. По признаку «масса 1000 семян» выделились по годам №23/21, №69/22, Оредеж 7 (превысили контроль на 13,7–8,3 %) и №55/24, №25/20, №69/22 (выше контроля на 13,4–11,6 %), соответственно (таблицы 3, 4).

Высота растений сортообразцов ярового рапса в 2024 г. находилась в пределах от 115,0 до 143,0 см, в 2025 г. этот показатель составил 90,0–132,3 см, по итогам двухлетнего испытания сорт Оредеж 7 и образец №22/20 отличались наименьшим значением данного признака. Высота ветвления составила в 2024 г. 26,7–69,0 см, в 2025 г. – 7,3–55,7 см (таблицы 3, 4).

Таблица 3. Основные элементы архитектоники и структуры урожая сортообразцов ярового рапса селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка», 2024 г.

Образец	Высота, см		Число ветвей, шт.		Число стручков на растении, шт.	Число семян в стручке на центральной кисти, шт.	Масса 1000 семян, г
	растения	ветвления	1 пор.	2 пор.			
Топаз, к.	137,7	62,3	5,7	9,7	135	30	3,71
Оредеж 4	115,7	38,3	6,3	11,7	112	26	3,93
Оредеж 5	120,0	35,0	5,3	10,0	131	25	3,83
Оредеж 6	128,3	50,0	5,0	10,7	135	24	3,49
Оредеж 7	115,7	35,3	5,3	9,3	142	26	4,02
Луч	116,0	55,3	5,3	10,0	131	32	3,94
№625	123,3	30,0	7,0	12,7	177	24	3,86
№708	122,7	52,7	5,3	6,3	126	27	3,87
№720	133,0	69,0	4,7	4,7	108	23	3,88
№814	138,3	61,7	6,3	9,7	121	29	3,76
№839	139,3	59,3	4,0	6,7	142	28	3,89
№927	117,0	44,0	4,7	8,3	120	31	3,77
№22/20	115,0	32,0	5,3	9,7	113	28	3,67
№25/20	143,0	54,3	6,3	15,3	169	32	3,77
№29/20	120,0	54,0	5,7	4,0	96	26	3,67
№41/20	116,7	47,7	5,3	6,0	119	28	3,49
№42/20	128,0	46,0	4,7	10,0	126	29	3,61
№54/20	136,6	66,3	4,3	7,0	114	30	3,32
№23/21	117,0	51,0	5,0	6,3	138	26	4,22
№47/21	120,0	44,0	5,7	12,0	106	30	3,67
№74/21	119,3	30,7	6,3	14,3	112	31	3,47
№97/21	130,0	40,0	5,3	12,3	128	25	3,98
№98/21	123,3	44,7	4,0	7,7	129	30	3,71
№64/22	130,3	45,3	7,7	12,0	137	33	3,26
№69/22	129,7	58,0	5,7	6,0	144	31	4,16
Среднее по ЭСИ	**125,0**	**47,4**	**5,5**	**9,4**	**128,5**	**28**	**3,8**
Min – Max	**115,0-143,0**	**26,7-69,0**	**4,0-7,7**	**4,0-15,3**	**96-177**	**23-33**	**3,3-4,22**

В рамках исследований проведена оценка жирнокислотного состава масла сортообразцов рапса ярового селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Олеиновой кислоты в масле в 2024 г. содержалось меньше, чем в 2025 г. и составило в среднем 60,32 % и 59,51 % соответственно. Максимальное значение этого показателя в 2024 г. было у образцов №927 (64,83 %), Оредеж 6 (63,74 %) и №708 (63,40%), в 2025 г. – у ИК24 (65,14 %), №52/54 (63,50 %) и №91/21 (62,72 %). Накопление линолевой кислоты в семенах рапса находится в обратной пропорциональной зависимости от олеиновой [10], в связи с чем ее содержание в 2024 г. в среднем по питомнику экологического испытания было выше на 1,19 % в абсолютном выражении относительно 2025 г. (таблица 5).

Таблица 4. Основные элементы архитектоники и структуры урожая сортообразцов ярового рапса селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка», 2025 г.

Образец	Высота, см		Число ветвей, шт.		Число стручков на растении, шт.	Число семян в стручке на центральной кисти, шт.	Масса 1000 семян, г
	растения	ветвления	1 пор.	2 пор.			
Топаз, к.	122,3	36,7	5,7	9,3	153	32	3,44
Оредеж 7	98,3	15,3	5,3	11,0	93	30	3,56
Луч	118,7	41,3	6,0	13,7	146	32	3,78
№22/20	107,0	27,3	5,3	8,3	103	27	3,58
№25/20	116,7	51,7	5,3	13,0	159	28	3,86
№29/20	112,0	48,3	5,3	8,3	137	30	3,56
№41/20	124,7	42,0	7,0	11,7	139	28	3,64
№42/20	115,3	43,3	7,0	11,3	142	28	3,46
№54/20	118,7	48,7	6,0	9,3	132	31	3,22
№23/21	109,0	32,0	5,3	12,7	128	32	3,62
№47/21	127,7	46,0	6,7	14,3	148	28	3,38
№74/21	96,0	11,7	4,7	11,0	103	30	3,72
№91/21	121,3	36,0	5,3	12,3	136	31	3,66
№64/22	117,7	39,7	8,0	12,3	145	24	3,50
№69/22	108,7	17,0	6,0	17,3	130	31	3,84
№52/24	94,3	19,7	5,7	12,0	118	30	3,70
№54/24	97,3	37,0	5,6	13,3	127	30	3,74
№55/24	90,0	7,3	6,3	12,3	121	28	3,90
№57/24	106,7	16,0	6,7	10,0	128	31	3,42
№60/24	113,0	49,3	5,3	8,0	128	28	3,46
№61/24	113,3	48,0	6,0	10,3	137	31	3,50
№62/24	92,7	43,7	4,7	8,3	131	25	3,46
№64/24	114,0	42,3	6,7	13,7	137	25	3,24
№74/24	125,7	55,3	5,3	12,3	147	32	3,34
№81/24	132,3	55,7	6,3	12,7	144	31	3,28
ИК24	115,0	30,7	5,3	11,7	127	30	3,42
Среднее	**111,9**	**36,2**	**5,9**	**11,6**	**132**	**29**	**3,5**
Min – Max	**90,0-132,3**	**7,3-55,7**	**4,7-8,0**	**8,0-17,3**	**93-159**	**24-32**	**3,22-3,9**

Эруковая кислота в семенах сортообразцов рапса ярового отсутствовала или содержалась в допустимом количестве (менее 2 %) по годам у 80,0 и 69,0 % изученных образцов.

Таблица 5. Жирнокислотный состав лучших сортообразцов ярового рапса селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка», 2024-2025 гг.

Образец	Жирные кислоты, %							
	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линоленовая	Арахидоновая	Эйкозеновая	Эруковая
2024 год								
Топаз, к.	5,28	1,59	62,74	19,52	8,03	0,47	1,21	0,14
№927	5,04	2,22	64,83	18,27	7,44	0,52	0,84	0
Оредеж 6	5,14	2,05	63,74	17,57	8,28	0,49	1,48	0,37
№708	4,65	1,55	63,40	18,72	8,49	0,52	1,32	0,25
Min – Max	**4,46-5,79**	**1,48-2,22**	**46,61-64,83**	**17,57-21,80**	**7,24-9,50**	**0,46-0,57**	**0,84-7,53**	**0-6,23**
2025 год								
Топаз, к.	5,28	1,58	62,49	18,62	9,76	0,41	0,84	0,14
ИК24	4,96	1,72	65,14	17,10	8,28	0,45	1,06	0,28
№52/54	5,39	1,86	63,50	17,68	8,48	0,44	1,37	0,42
№91/21	5,24	1,73	62,72	18,68	9,77	0,42	0,88	0,14
Min – Max	**4,95-5,50**	**1,62-2,0**	**49,62-65,14**	**16,79-19,76**	**8,28-10,02**	**0,42-0,50**	**0,87-5,90**	**0,14-7,11**

Заключение

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2024–2025 гг. в питомнике экологического испытания проведена комплексная оценка сортов и образцов селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» по урожайности и качеству семян, продолжительности вегетационного периода, элементам архитектоники и структуры урожая. Установлено, что наибольшей продуктивностью в 2024 г. отличились образцы №25/20 (28,8 ц/га) и №625 (27,4 ц/га), в 2025 г. – №25/20 (51,6 ц/га), №47/21 (45,6 ц/га), №41/20 (44,8 ц/га). По комплексу признаков выделились генотипы №25/20, №69/22, №64/24, № 625, №55/24 и сорт Луч.

Литература

1. Пилюк, Я. Э. Рапс в Беларуси (Биология, селекция и технология возделывания) / Я. Э. Пилюк : Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.

2. Тулькубаева, С. А. Результаты экологического испытания сортов ярового рапса отечественной и зарубежной селекции в условиях северного Казахстана / С. А. Тулькубаева, В. Г. Васин, И. В. Сидорик // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (49). – С. 50–59.

3. Федотов, В. А. Рапс России / В. А. Федотов, С. В. Гончаров, В. П. Савенков. – Москва : Агролига России, 2008. – 336 с.

4. Карпачев, В. В. Научное обеспечение отрасли рапсосеяния в России: итоги и задачи на 2016–2020 гг. / В. В. Карпачев // Повышение эффективности селекции, семеноводства и техн ологии возделывания рапса и других масличных капустных культур : сб. науч. докладов на междунар. координационном совещании по рапсу. 7–9 июля 2015 г. / ФГБНУ «ВНИИрапса». – Елецк : Елецкий гос. ун-т им. И. А. Бунина, 2016. – С. 3–10.

5. Кузнецова, Г. Н., Полякова, Р. С. Экологическое испытание рапса ярового в условиях Омской области // International agricultural journal. – 2022. – № 2. – P. 872–889.

6. Счастная, А. А. Продуктивность ярового рапса в условиях Витебской области / А. А. Счастная, О. И. Борисенок // Рапс: настоящее и будущее. К 30-летию возделывания рапса в Беларуси: материалы III Международной научно-практической конференции, 15-16 сентября 2016 г.) / Национальная академия наук Беларуси; Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2016. – С. 126–128.

7. Пилюк, Я. Э. Возделывание ярового рапса на маслосемена / Я. Э. Пилюк, Т. Н. Лукашевич, О. А. Пикун, А. В. Бакановская, С. Ю. Храмченко, М. В. Ровдо, В. В. Лапа, Г. В. Пироговская, Ю. К. Шашко, М. В. Рак // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур, технических и кормовых растений : сб. отрасл. регл. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; рук. разраб. : Ф.И. Привалов [и др.]. 2-е изд., доп. и перераб. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – С. 451–463.

8. Методические указаниями по изучению мировой коллекции масличных культур / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. – Ленинград : Изд-во ВНИИР им. Н.И.Вавилова (ВИР), 1976. – 22 с.

9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. Москва. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10. Бобко, Н. Н. Результаты оценки коллекционных образцов озимого рапса по качеству масла / Н. Н. Бобко, Я. Э. Пилюк // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф.И. Привалов (гл ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск, 2017.– Вып. 53. – С. 310–317.

RESULTS OF AGROECOLOGICAL TESTING OF SPRING RAPE SAMPLES BRED AT LENINGRAD RESEARCH INSTITUTE FOR AGRICULTURE "BELOGORKA" IN THE CENTRAL ZONE OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Ya. E. Piliuk, A. V. Bakanovskaya, O. A. Pikun, I. A. Cherepok, E. N.Pasynkova, L. P. Bekish

The paper presents the results of the evaluation of 34 variety samples developed by the Department of Breeding and Primary Seed Production of Cereal, Leguminous Crops and Rape of Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka" - a branch of the FSBRI "Federal Research Center of Potato named after A.G. Lorkh", under natural and climatic conditions of the central zone of the Republic of Belarus on yield and seed quality, duration of the vegetative period, architectonics elements and yield structure. As a result of the environmental testing on a set of traits the samples №25/20, №69/22, №64/24, № 625, №55/24 and the Luch variety were identified.

УДК 633.853.494«321»:631[526.32+524.85]

ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ И ОБРАЗЦОВ РАПСА ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННО СМОДЕЛИРОВАННОЙ ЗАСУХИ В ФАЗУ ЛИСТООБРАЗОВАНИЯ

Я. Э. Пилюк, *доктор с.-х. наук,* ***А. В. Бакановская, О. А. Пикун,*** *научные сотрудники,* ***А. Н. Батюкова,*** *кандидат с.-х. наук*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 24.03.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты оценки засухоустойчивости сортов и образцов рапса ярового селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в фитотронно-тепличном комплексе на ранних этапах органогенеза (в фазу листообразования). Изучена реакция различных генотипов на водный стресс в условиях модельной засухи по следующим параметрам: развитие корневой системы, изменение площади листьев и сохранность листового аппарата, водоудерживающая способность листьев. В результате анализа комплексных исследований отобраны образцы с повышенной устойчивостью к засухе.*

Введение. В последнее десятилетие периодически повторяющиеся засухи приводят к значительному снижению урожайности рапса, особенно яровой формы. В связи с этим возникает необходимость иметь сорта и гибриды, устойчивые или выносливые к дефициту влаги. Прямая оценка засухоустойчивости в поле при всей ее объективности требует многолетних наблюдений. Засуха бывает не каждый год и приходится на разные этапы органогенеза. Для ускорения селекционного процесса прибегают как к косвенной оценке засухоустойчивости с помощью лабораторных физиологических методов (определение прорастания семян и роста проростков в растворах осмотиков, имитирующих недостаток влаги), так и к прямому методу – выращивание растений в условиях модельной засухи «засушник» [1].

Устойчивость к засухе – это полигенный признак, который с физиологической точки зрения связан с целым рядом отличий. Важнейшим признаком среди них является способность переносить недостаток воды без резкого снижения ростовых процессов и урожайности. В этой связи растения обладают повышенной способностью удерживать в клетках воду в условиях обезвоживания. Величина урожая определяется двумя основными факторами – размерами площади листьев и продуктивностью их работы [2]. При недостаточной влагообеспеченности подавляется рост растений, сокращается площадь и число листьев, в результате чего потери воды уменьшаются. Одновременно снижается накопление сухих веществ растениями, так как этот показатель коррелирует с размерами листовой поверхности [3]. Уменьшение листовой поверхности ведет к снижению величины продуктивности фото-

синтеза и урожайности [4]. Недостаток влаги приводит также к ускоренному прохождению этапов органогенеза, растения раньше переходят к цветению и плодоношению, отличаются меньшей продолжительностью жизни.

Цель наших исследований – оценка сортов и образцов рапа ярового в условиях модельной засухи, отбор селекционного материала с повышенной устойчивостью к засухе.

Методика проведения исследований. Исследования проводились в 2024–2025 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Изучение засухоустойчивости сортов и образцов рапса ярового проводили на провокационном фоне методом искусственного завядания в условиях ФТК. Развитие растений рапса ярового до фазы 4–6 настоящих листьев проходило в опыте и в контрольном варианте в идентичных условиях, далее растения выращивались в условиях недостаточной водообеспеченности, а в контроле – при оптимальном увлажнении [5, 6, 7].

Площадь листового аппарата определяли способом высечек. С 10–15 изучаемых растений отбирали и взвешивали пробу листьев, складывали листья стопками и при помощи металлической трубки определенного диаметра с заостренными краями делали высечки по 5–10 штук с одного листа. Высечки берут так, чтобы в пробу попали и пластинки листа, и центральные жилки [8]. После взвешивания высечек среднюю площадь одного листа в пробе ($см^2$) рассчитывают по формуле $П=(МхП_1хК)/М_1х\ N$, где: М – масса листьев в пробе, г; $П_1$ – площадь одной высечки, $см^2$; К – число высечек; $М_1$ – масса высечек, г; N – количество листьев в пробе.

Определение водного дефицита (ВД) проводилось по формуле: ВД = (В-Б)/(Г-А) х 100 %, где А – масса сухой навески; Б – масса воды перед насыщением; В – масса воды после полного насыщения; Г – масса листьев после полного насыщения водой [9], водоудерживающую и водопоглощающую способность листьев – по методике, основанной на способности к насыщению листьев влагой после предварительного высушивания [10, 11].

Результаты и их обсуждение. Селекционный материал рапса ярового оценивался по засухоустойчивости на фоне искусственной засухи в условиях ФТК. Перед началом засушивания в фазу 4–6 листьев проводился учет параметров растений: вес надземной части, корней и площадь листьев (таблица 1). Образцы №10/13, №62/07, №56/13, №48/13, №49/13 и №4/17 отличались хорошо развитыми надземной частью и корневой системой, в то время как у №9/07, №59/13, Титан-17 и №35/09-1 эти параметры были наименьшими. По наиболее развитому листовому аппарату выделились образцы Топаз, №48/13, №62/07-1, №10/13, №56/13, С 10/05, №4/17, №70/13-1, №25/17, №49/13, площадь листьев у которых составила 3018–2459 $см^2$.

Влажность почвы до начала засушивания и на 4, 7 и 10 день без полива составила 34,6; 16,1; 9,0 и 7,6 % соответственно (рисунок 1).

Таблица 1. Параметры растений сортов и образцов ярового рапса в ФТК перед началом засушивания (среднее за 2024-2025 гг.)

Образец	Вес 10 растений, г		Площадь листьев 10 растений, $см^2$
	надземная часть	корни	
Топаз	58,8	1,4	3018
Вихрь	71,3	1,2	2011
№5/15-6	42,8	0,8	1530
№1/07	61,3	1,9	2064
№48/13	78,0	1,7	2790
№49/13	81,6	1,6	2459
№30/13	61,1	2,1	1992
№59/13	37,3	0,6	1380
№20/13-1	68,9	1,4	1815
№53/13	56,3	1,4	1751
№10/13	95,6	2,4	2517
№59/15	56,8	1,0	1565
№31/13	73,2	1,4	2004
№56/13	89,6	1,9	2492
Вод х №40-2	51,6	0,7	1775
Вод х №40-1	39,1	1,2	1954
№418_2д	40,4	0,9	1471
№7/16	65,1	1,0	1889
№62/07	84,6	1,8	2400
№62/13	63,9	1,0	1590
№76/13	63,1	1,3	2015
№52/52	47,7	0,7	1538
№9/07	24,6	0,5	981
С 62/67	47,2	0,8	1261
Титан-17	33,6	0,4	1096
№37/15-1	40,9	0,7	1360
№35/09-1	33,8	0,6	1175
№51/13	60,5	0,8	1911
№110	53,6	1,5	2163
С 10/05	57,8	1,5	2489
№47/05	57,4	1,2	2245
№4/17	76,0	1,7	2480
№3/17	50,1	1,4	1634
№51/15	60,9	1,0	2161
№55/14	35,9	0,7	1594
№62/07-1	73,2	1,3	2637
№53/11	40,9	1,5	1737
№30/16-1	55,9	1,1	2320
№2/10-1	43,2	1,0	1931
№25/17	44,4	0,8	2462
№70/13-1	40,2	0,8	2465
№30/15	54,4	1,6	1855

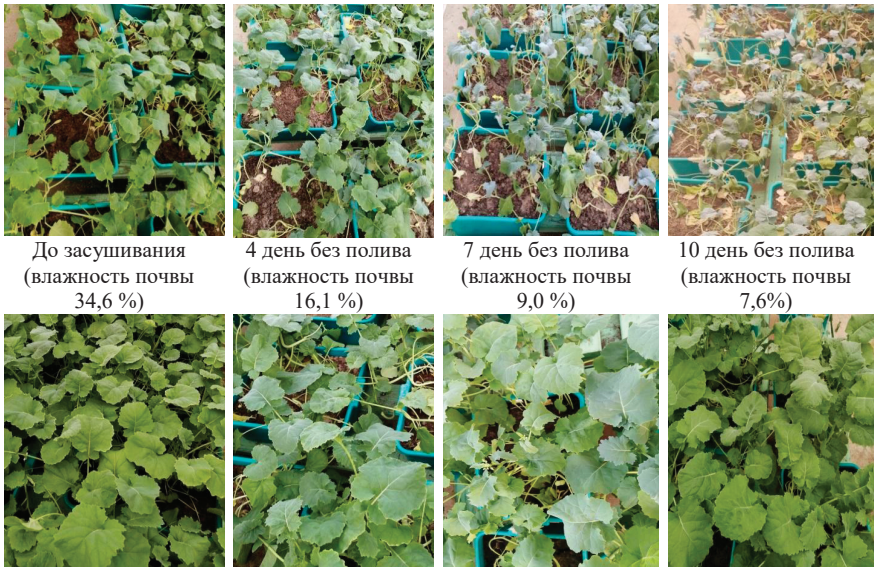
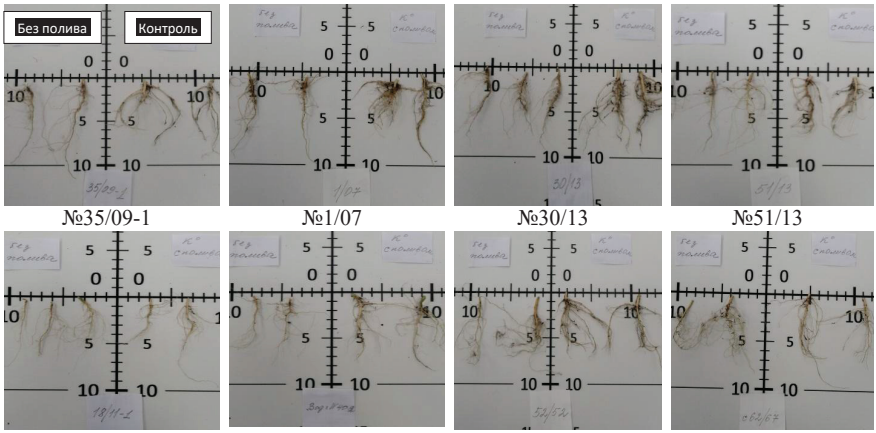


Рисунок 1. Состояние растение сортов и образцов ярового рапса на фоне искусственной засухи в условиях ФТК

Через 10 дней проводились учеты параметров развития растений в вариантах без полива и в контроле. Масса надземной части и корней с 10 растений у всех изученных образцов была значительно ниже контрольного варианта с поливом, наибольшими значениями по этим признакам выделились образцы №62/07-1, №30/16-1, №70/13-1 (56,6–59,3 г) и №4/17, №62/07-1 (2,6–2,5 г) соответственно. В наименьшей степени по высоте надземной части растений от контроля (на 15,5–23,6 %) отличались образцы рапса ярового №53/13, №70/13-1, №30/16-1, №31/13, №62/07-1. Длина корня практически у всех изучаемых образцов без полива была больше, чем с поливом. Корневая система растений в «засушниках» развивалась в основном за счет образования большего количества боковых корешков. По этому показателю выделились образцы №62/07-1, С 62/67, №59/13, №30/16-1, №52/52 и №56/13 (таблица 2). Засухоустойчивые образцы в целом отличаются более развитой корневой системой и ее суммарной массой, поэтому в наших исследованиях оценивались генотипы рапса ярового по способности формировать мощную корневую систему в неблагоприятных условиях среды (рисунки 2, 3).

Таблица 2. Параметры растений лучших образцов ярового рапса в ФТК через 10 дней после прекращения полива при средней влажности почвы 7,6 %

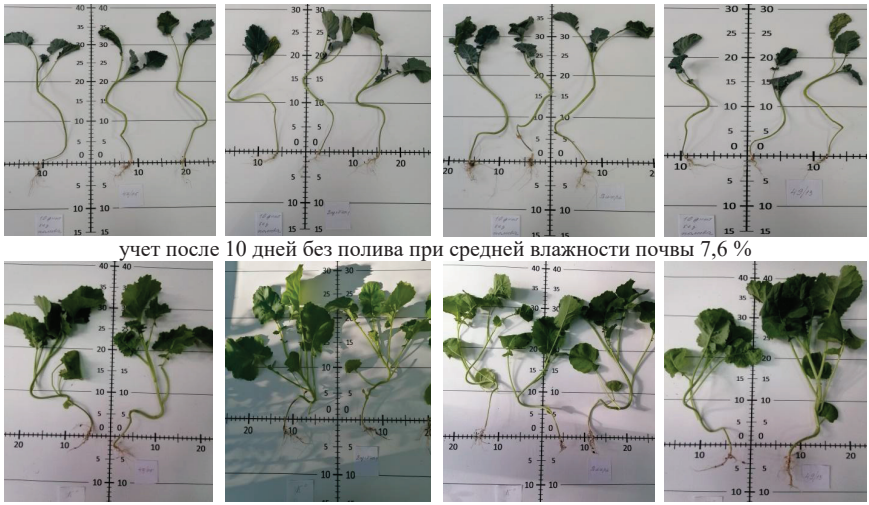
Образец	Вес 10 растений, г				Высота надземной части растений, см		Длина корня, см		Ширина корня, см		Число листьев на 1 растении, шт. (живые/погибш.)		Площадь листьев 10 растений, $см^2$	
	надземная часть		корни											
	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль	без полива	контроль
№48/13	37,6	228,0	2,0	3,6	38,5	62,8	8,2	8,5	6,6	5,9	4/2,2	7,5/1,5	1716	8737
№59/13	28,8	96,0	1,5	4,8	32,2	42,7	8,0	6,5	7,7	4,7	3,6/2,8	6,3/0	1778	2859
№20/13-1	43,4	97,0	1,2	6,4	33,0	45,0	6,9	8,1	7,0	5,6	4,2/2,2	5,8/0,2	1907	2591
№53/13	43,1	125,5	1,8	3,7	36,5	43,2	8,6	8,9	6,6	5,4	5/3	7,2/1	1796	4583
№10/13	28,5	218,4	1,6	5,3	34,3	54,0	7,6	8,8	5,6	8,0	4,3/2,8	8,0/0,7	1544	6818
№31/13	31,7	157,0	1,2	5,9	34,0	43,7	7,1	8,7	6,6	9,3	4/2,5	7,0/0,7	2096	4086
№56/13	21,2	138,9	1,3	4,4	32,5	44,0	8,8	7,8	7,4	4,8	3/3	6,2/1,2	966	3882
№7/16	30,4	208,4	2,0	3,3	35,0	59,0	7,8	7,8	8,0	8,0	3,3/4	8,5/1	1600	6923
№52/52	37,7	119,4	2,1	3,0	31,3	45,5	9,6	8,6	7,6	4,8	3,8/2,5	6,2/1	2231	3848
С 62/67	35,9	105,4	2,0	2,4	29,3	43,0	7,8	7,8	8,0	4,6	3,7/2,7	7,8/1	1850	4161
№4/17	39,3	204,4	2,5	3,2	33,7	47,8	8,7	7,4	5,3	7,1	3,3/3,3	7,4/1	1099	7415
№62/07-1	57,0	183,6	2,6	3,0	43,8	57,3	9,3	9,2	12,0	7,0	4,5/2,8	8,7/1	1912	6952
№30/16-1	59,3	142,4	2,0	2,8	42,3	54,2	8,5	8,5	7,7	4,0	4,7/2,7	7,2/0,2	1673	5132
№70/13-1	56,6	151,3	1,8	1,7	45,8	58,3	9,6	8,8	5,8	5,8	4,2/3,2	7/0,7	2927	5293
среднее	29,34	146,08	1,37	2,91	33,13	48,50	7,81	8,03	6,34	5,54	3,5/2,7	6,9/0,8	1311,1	4944,1
Мин-макс	13,5-59,3	78,4-244,7	0,5-2,6	1,0-6,4	24,0-45,8	38,2-64,2	4,8-10,7	5,2-10,0	2,0-12,0	2,5-9,3	2,3-5/1,3-4	5,6-9/0-1,7	438-2927	2257-8737



№35/09-1 №1/07 №30/13 №51/13

№18/11-1 Вод х №40-2 №52/52 С62/67

Рисунок 2. Развитие корневой системы образцов рапса ярового на фоне искусственной засухи в условиях ФТК (учет после 10 дней без полива)



учет после 10 дней без полива при средней влажности почвы 7,6 %

Контроль (с поливом)

№47/05 Вод х №40-1 Вихрь №49/13

Рисунок 3. Развитие растение ярового рапса на фоне искусственной засухи в условиях ФТК (учет после 10 дней без полива)

При нарастающей засухе происходит постепенное отмирание листьев, в результате чего уменьшается ассимиляционная и фотосинтетическая поверхность посевов. Сохранность листового аппарата свидетельствует об устойчивости к стрессовым факторам. Число живых листьев у растений рапса

ярового в условиях засухи находилось в пределах от 2,3 до 5,0 шт., в оптимальных условиях (при поливе) – от 5,6 до 9,0 шт., опавших – 1,3–4,0 и 0–1,7 шт. соответственно.

Оценка площади листьев образцов при различных условиях выращивания позволила установить существенное изменение показателей под влиянием неблагоприятных факторов внешней среды (водный стресс). В условиях недостаточной влагообеспеченности в фазу 4–6 листьев общая их площадь с 10 растений изменялась от 438 см^2 до 2927 см^2 (№70/13-1) или в 6,7 раза в зависимости от генотипа. Среди них по наименьшей степени угнетения листового аппарата искусственной засухой выделились образцы №59/13, №20/13-1, №52/52 и №70/13-1, у которых этот показатель по отношению к оптимальным условиям выращивания был ниже на 26,4–44,7 %.

Положительная корреляционная связь средней степени установлена у образцов рапса ярового с повышенной устойчивостью к засухе между числом живых листьев на растении, сохранившихся после засушивания, и весом растения (r=0,59), а также числом листьев и их площадью (r=0,52) (рисунок 4).

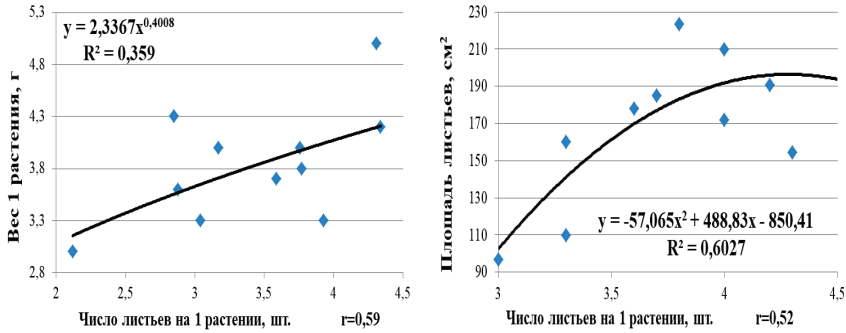


Рисунок 4. Корреляционная связь числа живых листьев на растении с весом растения и площадью листьев рапса ярового на фоне искусственной засухи в условиях ФТК (учет после 10 дней без полива)

Водный дефицит листьев растений ярового рапса через 10 дней после прекращения полива (таблица 3) составлял в зависимости от образца 36,8–56,9 %. По наибольшей водоудерживающей способности выделились образцы №55/14, №30/16-1 и №25/17. Восстановление тургисцентного состояния листьев при насыщении их водой после засушивания наблюдалось у изученных образцов на 86,2–90,7 %, что только на 3,3–6,3 % ниже контрольного варианта (с поливом). Наибольшая водопоглощающая способность установлена у образцов №55/14, №2/10-1, Г11 и №70/13-1, которые отличались высокой устойчивостью к дефициту влаги. Содержание сухого вещества в зеленой массе у изучаемых образцов после засушивания составило 9,3–13,8 %.

Таблица 3. Показатели влагообеспеченности листьев ярового рапса при дефиците влаги в почве в ФТК

Образец	Водный дефицит листьев, %	Водопоглощающая способность, %		Содержание сухого вещества, %	
		без полива	контроль (с поливом)	без полива	контроль (с поливом)
Топаз	41,1	87,4	92,0	12,6	8,0
№55/14	36,8	90,7	93,2	9,3	6,8
№62/07-1	46,2	89,2	92,7	10,8	7,3
№53/11	56,9	89,0	93,5	11,0	6,5
№30/16-1	38,4	89,3	92,5	10,7	7,5
№2/10-1	48,4	90,0	93,4	10,0	6,6
№25/17	40,4	87,6	92,9	12,4	7,1
№70/13-1	44,4	89,7	93,0	10,3	7,0
№30/15	55,2	89,1	93,0	10,9	7,0
Вод х №40-1	49,9	86,2	92,2	13,8	7,8
Г9	49,3	89,4	93,8	10,6	6,2
Г11	54,6	89,9	92,8	11,1	7,2

Выводы

В результате проведенных исследований в условиях искусственной почвенной засухи в фазу листообразования выделены образцы рапса ярового №62/07-1, №30/16-1, №59/13, №70/13-1, №20/13-1, №52/52, С 10/05, №56/13, №4/17, №55/14, обладающие повышенной устойчивостью к засухе, высокой водоудерживающей способностью листьев, развитой корневой системой и сохранностью листового аппарата. Положительная корреляционная связь средней степени установлена между числом живых листьев на растении и весом растения (r=0,59), а также числом листьев и их площадью (r=0,52). Выделенные генотипы рапса ярового отличаются комплексом морфобиологических признаков и являются перспективными источниками для дальнейшего изучения засухоустойчивости в естественных полевых условиях и создания нового селекционного материала с повышенной устойчивостью к засухе.

Литература

1. Газе, В. Л. Определение уровня засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы прямым и косвенными методами / В. А. Лиховидова, Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 2. – С. 25-28.

2. Терлецкая, Н. В. Изучение устойчивости фотосинтетического аппарата мягкой пшеницы и ее диких сородичей к абиотическим стрессам in vitro и in vivo / Н. В. Терлецкая, Н. В. Зобова, В. Ю. Ступко : монография. – Алматы, 2017. – 172 с.

3. Физиологические основы устойчивости сельскохозяйственных растений. Источник: https://www.activestudy.info/zasuxoustojchivost-selskoxozyajstvennyx-rastenij/ © Зооинженерный факультет МСХА.

4. Ерошенко, Ф. В. Ассимиляционная поверхность, хлорофилл и первичные процессы фотосинтеза высокорослых и короткостебельных сортов озимой пшеницы / Ф. В. Ерошенко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – С. 12.

5. Ионова, Е. В. Устойчивость сортов и линий озимой пшеницы к водному и температурному стрессам / Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2011. – №3(15). – С. 19-26.

6. Кравченко, Н.С. Степень адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник») / Н. С. Кравченко, Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2015. – №5(41). – С. 7-10.

7. Ионова, Е. В. Изменение посевных качеств озимой пшеницы при различных условиях выращивания (засушник) / Е. В. Ионова, Ю. Г. Скворцова // Зерновое хозяйство России. – 2013. – №4(28). – С. 27-29.

8. Дорофеева, М. М. Сравнительный анализ некоторых классических и современных методик определения площади листовой поверхности / М. М. Дорофеева, С. А. Бонецкая // Растительные ресурсы. – 2020. – №2. – С.182-192.

9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – С. 80–85.

10. Практикум по росту и устойчивости растений : [учебное пособие] / С.-Петерб. гос. ун-т; [В.В. Полевой и др.] под ред. д.б.н., проф. В.В. Полевого, д.б.н., проф. Т.В. Чирковой. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2001. – 208 с.

11. Ахматов, К. А. Определение устойчивости растений к обезвоживанию / К. А. Ахматов // Биология деревьев, кустарников и плодовых растений Северной Киргизии. Фрунзе: Илим, 1987. С. 17-18.

EVALUATION OF DROUGHT RESISTANCE OF SPRING RAPE VARIETIES AND SAMPLES UNDER CONDITIONS OF ARTIFICIALLY SIMULATED DROUGHT AT THE LEAF FORMATION STAGE

Y. E. Piliuk, O. A. Pikun, A. V. Bakanovskaya, A. N. Batiukova

The article presents the results of the assessment of drought resistance of spring rape varieties and samples bred by the Research and Practical Center for Arable Farming of the NAS of Belarus in a phytotron-greenhouse facility at the early stages of organogenesis (leaf formation). The reaction of various genotypes to water stress under simulated drought conditions was studied in terms of the following parameters: root system development, changes of the leaf area and leaf apparatus integrity and leaf water-holding capacity. Based on the analysis of the comprehensive studies the accessions with increased drought resistance were selected.

УДК 633.853.494«324»:631.527:631.524.85

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОРТОВ, ОБРАЗЦОВ И ГИБРИДОВ РАПСА ОЗИМОГО ПО ПРИЗНАКУ «ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ»

***Я. Э. Пилюк**, доктор с.-х. наук, **Е. С. Бык**, **С. Ю. Храмченко**, **О. Н. Авхимович**, **А. А. Новичек,** научные сотрудники*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 30.04.2026)

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

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по оценке селекционного материала рапса озимого (Brassica napus oleiferae bienis L.) по признаку «засухоустойчивость» в фитотронно-тепличном комплексе и лабораторных условиях. Проведена оценка устойчивости растений*

к дефициту влаги по способности семян прорастать в осмотических растворах сахарозы. У изучаемых образцов оценивали площадь листового аппарата, содержание сухого вещества, водный дефицит и влагоемкость. В результате исследований по комплексу селекционно-ценных признаков отобраны новые генотипы с повышенной «засухоустойчивостью». Установлено, что наибольшей устойчивостью к засухе на ранних этапах органогенеза обладали сорта рапса озимого Буян, Альянс, Калипсо, Линкор, Орлан и образцы №А19/20-1Н и №155/16, которые уже используются в селекционном процессе для создания новых гибридов и сортов рапса озимого.

Введение. Рапс является основной белково-масличной культурой в Беларуси и многих странах мира. Объемы его производства ежегодно повышаются в связи с тем, что увеличивается потребность в растительных маслах и высокобелковых кормах [1, 2].

В настоящее время в результате глобального потепления происходит изменение климата, которое приводит к увеличению продолжительности и частоты засушливых периодов. Засуха нарушает ряд физиологических и биохимических процессов, что оказывает влияние на иммунитет и устойчивость к другим стрессовым факторам. Морфологически это проявляется в уменьшении площади листьев, высоты растений, количестве продуктивных стеблей [3]. У растений сформировался ряд защитно-приспособительных механизмов, предохраняющих их при воздействии стресса. Способность к удержанию воды – один из них, он позволяет поддерживать стабильность цитоплазмы клеток, их коллоидность [4–7].

Растения реагируют на дефицит воды множеством физиологических и метаболических реакций на молекулярном, клеточном и организменном уровнях. Чтобы понять основные механизмы, требуется тщательное исследование и выявление маркерных параметров засухоустойчивости. Оценка засухоустойчивости в поле при всей ее объективности требует многолетних наблюдений. Засуха бывает не каждый год, меняется ее характер, периоды проявления. Поэтому для ускорения селекционного процесса большой интерес представляют методы ранней диагностики с использованием семян и проростков, которые позволяют проводить оценку круглый год и быстро анализировать большое количество образцов [8].

Цель исследований – отобрать с использованием различных методов оценки исходного материала по признаку «засухоустойчивость» образцы рапса озимого с повышенной устойчивостью к засухе.

Методика и условия проведения исследований. Исследования проводили в 2024–2025 гг. в отделе масличных культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Объектом исследований являлись сорта, сортообразцы и гибриды рапса озимого (*Brassica napus oleiferae bienis* L.) селекции Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию. Лабораторная оценка устойчивости растений к дефициту влаги проводилась по способности семян прорастать в

осмотических растворах сахарозы [9, 10] и интенсивности роста зародышевых корней [11].

Проведена косвенная оценка образцов по признаку «засухоустойчивость» на выбранных концентрациях на основании параметров развития проростков по методике проращивания семян на растворе сахарозы с осмотическим давлением 9 и 12 атмосфер [9]. Семена образцов рапса проращивали в рулонах фильтровальной бумаги в четырех повторениях. Учитывались длина зародышевого корня и надземной части проростков.

Изучение засухоустойчивости проводили методом искусственного завядания в условиях ФТК. Растения выращивали в условиях недостаточной водообеспеченности, а в контроле – при оптимальном увлажнении [12–14].

Площадь листового аппарата определяли способом высечек: с 10–15 модельных растений отбирали и взвешивали пробу листьев, складывали листья стопками и при помощи металлической трубки определенного диаметра с заостренными краями делали высечки, по 5–10 штук с одного листа. Высечки брали так, чтобы в пробу попали и пластинки листа, и центральные жилки [15]. После взвешивания высечек среднюю площадь одного листа в пробе ($см^2$) рассчитывали по формуле $П=(МхП_1хК)/М_1х\ N$, где М – масса листьев в пробе, г; $П_1$ – площадь одной высечки, $см^2$; К – число высечек; $М_1$ – масса высечек, г; N – количество листьев в пробе.

Определение водного дефицита (ВД) в листьях проводилось по Программе и методике ВНИИСПК [16] по следующей формуле: ВД = (В–Б)/(Г–А) × 100 %, где А – масса сухой навески; Б – масса воды перед насыщением; В – масса воды после полного насыщения; Г – масса листьев после полного насыщения водой.

Статистическая обработка результатов проводилась по методике Доспехова [17] с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты исследований и обсуждение. В лабораторных условиях была проведена оценка относительной засухоустойчивости сортов, образцов и гибридов рапса озимого методом прорастания семян в рулонах (рисунок 1) на растворе сахарозы 9 и 12 атмосфер (Атм).



Рисунок 1. Лабораторная оценка относительной засухоустойчивости сортов и образцов рапса озимого методом прорастания семян в рулонах

В результате оценки зародышевых корней в варианте с использованием раствора сахарозы 9 Атм средняя длина корней составила 7,7 см, при увеличении концентрации сахарозы до 12 Атм их длина в среднем снижалась до 5,4 см, что ниже на 9,9 % по отношению к 9 Атм. Длина корней в контрольном варианте составила в среднем 11,1 см (таблица 1).

Таблица 1. Длина корешков проростков рапса озимого на 8 сутки

Сорт, образец	Длина корня проростков, см		
	Контроль (дистилированая вода)	Раствор сахарозы	
		9 Атм	12 Атм
Витень, контроль	13,2	6,9	6,1
Альянс (№ 44/12)	10,6	8,8	5,0
Калипсо (№ 307/12-1)	11,8	9,5	7,1
Орлан (№ 200/15)	10,0	6,4	5,8
Линкор (213/16)	10,0	7,0	4,2
Родник	12,2	8,1	4,1
Кардинал	11,9	8,8	5,2
Талер (№ 97/15)	12,2	6,9	4,3
Кумир (№ КО/20)	10,7	6,2	4,0
А19/20-1Н	13,0	8,8	4,1
547/13-1П	13,0	10,2	8,6
155/16	15,2	11,1	7,0
Буян	9,3	9,2	3,0
Медей	7,0	5,3	5,5
Оникс	7,3	5,8	4,9
Днепр (№Дн/24) F_1	9,4	5,8	4,5
№Кт/24 F_1	12,4	5,8	8,6
№Кр/24 F_1	11,4	8,6	5,3
Среднее	**11,1**	**7,7**	**5,4**
Min-max	**7,0-15,2**	**5,3-11,1**	**3,0-8,6**

При оценке сортов, образцов и гибридов рапса озимого на растворе сахарозы 9 Атм выделились образцы, которые были менее подвержены воздействию осмотического давления и минимально снизили длину корня по отношению к контролю (дистилированная вода): Буян, Альянс, Калипсо, Оникс, №547/13-1П, Медей и №Кр/24 F_1 – на 1,1; 17,0; 19,5; 20,5; 21,5; 24,3 и 24,6 % соответственно. Среди изучаемых образцов при осмотическом давлении 9 Атм длина корешков проростков рапса озимого варьировала от 5,3 см (Медей) до 11,1 см (№155/16). Установлено, что при концентрации раствора сахарозы 10,5 % осмотическое давление 12 Атм снижало рост и длину зародышевых корней. Выделившиеся образцы Медей, Оникс, №547/13-1П, Калипсо и Орлан уменьшили длину корня по отношению к контролю (дистиллированная вода) на 28,6; 32,9; 33,3; 39,8 и 42,0 %, соответственно. При осмотическом давлении в 12 Атм длина корешков проростков рапса озимого была заметно меньше и варьировала от 3,0 см (Буян) до 8,6 см (№547/13-1П). Выделившийся селекционный материал следует считать перспективным для дальнейшего изучения засухоустойчивости в естественных полевых условиях.

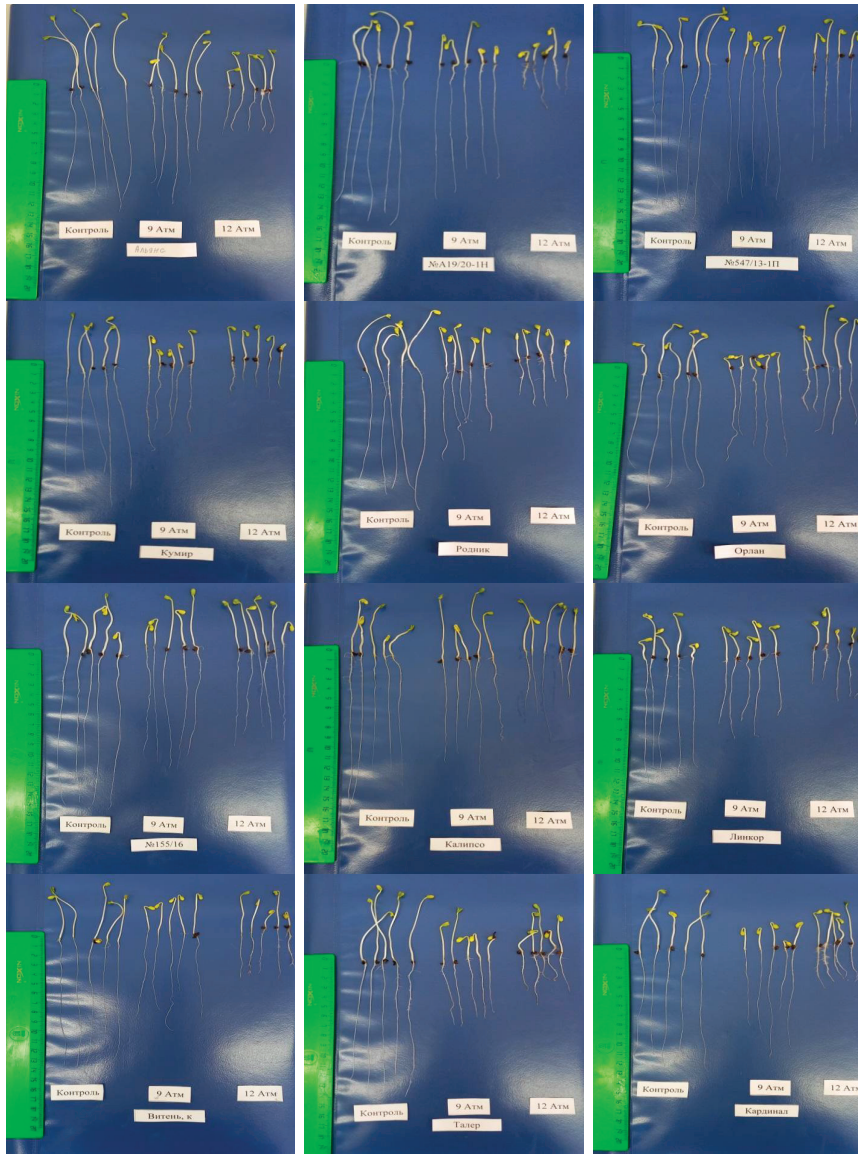


Рисунок 2. Длина корня проростков селекционных образцов рапса озимого в рулонах при различных уровнях осмотического давления (9 и 12 Атм)

Лабораторный метод проращивания семян рапса озимого на растворах сахорозы показал, что при увеличении осматическрго давления с 9 до 12 Атм отмечается снижение роста зародышевых корней. На рисунке 2 представлена

длина корней проростков лучших селекционных образцов рапса озимого в рулонах при различных уровнях осмотического давления (9 и 12 Атм).

Сорта, образцы и гибриды рапса озимого также оценивались по засухоустойчивости на фоне искусственной засухи в условиях фитотронно-тепличного комплекса (ФТК) в фазу 8–9 настоящих листьев (микростадия 1: листообразование). До этой фазы развитие растений проходило в опыте и в котрольных вариантах в одинаковых условиях, далее изучаемые растения в опыте выращивали в условиях нарастающей засухи (31,1 % от полной влагоемкости – ПВ), а в контроле – при оптимальном увлажнении (70 % от ПВ, полив). Через 15, 20 и 27 дней после прекращения полива определяли влажность почвы, которая составила 7,4; 5,7 и 3,9 % соответственно (рисунок 3).



Рисунок 3. Развитие растений рапса озимого на фоне искусственной засухи в условиях ФТК

Через 15 дней после прекращения полива проводились учеты параметров развития растений во всех вариантах опыта. Установлено, что масса надземной части 10 растений у всех изученных образцов варьировала от 94,9 до 347,1 г и была значительно ниже контрольного варианта (с поливом). По показателю наибольшей массы надземной части 10 растений на фоне искусственной засухи выделились образцы Днепр F_1 (347,1 г), Буян (294,8 г), Кумир (210,9 г) и Оникс (210,1 г). Масса корней изменялась от 1,1 до 6,4 г в вариантах с поливом. Наибольший вес корней был отмечен у гибрида Днепр F_1 (6,4 г), сортов и образцов Буян (5,6 г), №Кр/24 F_1 (4,6 г), Оникс (4,1 г), Кумир (3,5 г) и №155/16 (3,2 г). Вес корней был выше у всех изучаемых генотипов рапса

озимого в вариантах с поливом в сравнении с вариантом без полива. По этому показателю выделился образец Талер, у которого вес корней превысил вариант с поливом на 18,2 %.

Высота растений на ранних этапах органогенеза была выше у всех изучаемых сортов и образцов рапса озимого в контрольном варианте (с поливом) и составила в среднем 37,8 см, в то время как в вариантах без полива – 32,7 см. Длина корней варьировала от 5,0 до 8,5 см в контроле и от 4,6 до 8,9 см в варианте без полива. Установлено, что длина корня у сортов и образцов рапса озимого №А19/20-1Н, Талер, Витень, Кардинал, Медей, №547/13-1П увеличилась на фоне «без полива» по отношению к контрольному варианту «с поливом» на 58,9; 37,5; 30,2; 28,0; 17,2 и 13,3 % соответственно (таблица 2, рисунки 4, 5). Толщина корневой шейки в среднем была выше у всех изучаемых сортов, образцов и гибридов в варианте с поливом и составила 0,4 см. Число опавших и живых листьев в контрольном варианте составило 1,8 и 5,7 шт. соответственно. В варианте без полива число опавших листьев было выше и составило 2,3 шт., а число живых уменьшилось до 4,2 шт. Это связано с тем, что при наступлении засухи происходит отмирание листьев.

Оценка сортов и образцов рапса озимого по величине площади листьев в условиях недостаточной влагообеспеченности в фазу 8–9 настоящих листьев (микростадия 1: листообразование) показала, что площадь листьев с 10 растений варьировала от 980 см^2 (Калипсо) до 2213 см^2 (Днепр F_1). Наименее подвержены угнетению листового аппарата оказались Витень, №А19/20-1Н, №Кр/24 F_1, Орлан, Талер и Медей, у которых это показатель по отношению к варианту с поливом был ниже на 11,7–36,6 %.

Таблица 2. Параметры растений рапса озимого в ФТК через 20 дней после прекращения полива при влажности почвы 5,7 %

Образец	Вес сырой массы 10 растений, г		Высота растения, см	Длина корня, см	Толщина корневой шейки, см	Число листьев на 1 растении, шт.		Площадь листьев 10 растений, см^2
	надземная часть	корни				опавших	живых	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Витень (с поливом)	104,8	2,3	38,1	6,3	0,3	1,4	4,8	2460
Витень (без полива)	68,4	2,1	36,1	8,2	0,3	2,5	4,2	2173
Альянс (с поливом)	116,6	2,3	29,9	5,7	0,3	1,7	6,0	3792
Альянс (без полива)	41,5	0,4	27,1	4,6	0,2	2,1	5,2	1444
Калипсо (с поливом)	146,7	3,1	38,6	8,1	0,4	1,8	5,9	2534
Калипсо (без полива)	39,1	0,6	29,6	6,4	0,3	1,3	4,8	980
Орлан (с поливом)	106,0	2,7	32,0	8,5	0,4	1,9	5,5	1874
Орлан (без полива)	38,2	0,9	30,9	7,4	0,3	2,2	4,0	1233

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Линкор (с поливом)	116,9	2,1	37,9	7,0	0,4	1,6	5,7	2288
Линкор (без полива)	45,4	1,3	36,5	7,6	0,3	2,2	4,1	1224
Родник (с поливом)	159,6	2,4	38,2	6,4	0,3	2,1	6,2	2705
Родник (без полива)	47,2	1,0	29,7	6,0	0,3	2,6	5,0	1078
Кардинал (с поливом)	121,4	1,2	40,2	5,0	0,3	1,3	5,9	3057
Кардинал (без полива)	48,3	1,1	35,3	6,4	0,3	2,5	3,3	1496
Талер (с поливом)	94,9	1,1	33,1	6,4	0,4	1,4	5,5	2058
Талер (без полива)	46,3	1,3	29,1	8,8	0,3	1,7	4,5	1338
Кумир (с поливом)	210,9	3,5	39,4	6,4	0,4	2,1	6,3	4089
Кумир (без полива)	40,0	0,9	31,0	7,1	0,3	2,6	3,6	1089
А19/20-1Н (с поливом)	110,4	1,8	31,4	5,6	0,3	1,8	5,5	1654
А19/20-1Н (без полива)	50,6	0,8	30,0	8,9	0,3	2,6	3,9	1334
547/13-1П (с поливом)	104,4	1,7	33,9	6,0	0,3	1,7	4,8	2585
547/13-1П (без полива)	37,2	0,8	30,0	6,8	0,3	2,1	4,3	997
155/16 (с поливом)	150,1	3,2	36,5	8,3	0,4	2,0	5,0	2951
155/16 (без полива)	48,6	1,1	33,8	6,6	0,3	2,4	3,2	1313
Буян (с поливом)	294,8	5,6	44,9	6,7	0,4	2,1	5,7	4101
Буян (без полива)	51,6	1,2	34,5	6,8	0,3	2,4	3,9	1404
Медей (с поливом)	159,1	2,1	36,2	5,8	0,3	1,2	5,8	2870
Медей (без полива)	51,3	0,9	34,6	6,8	0,3	2,0	4,4	1819
Оникс (с поливом)	210,1	4,1	42,7	6,8	0,3	1,4	6,0	3822
Оникс (без полива)	59,9	1,2	34,7	6,7	0,3	2,1	4,5	1716
Днепр F_1 (с поливом)	347,1	6,4	46,2	7,7	0,4	2,6	6,5	5246
Днепр F_1 (без полива)	32,4	1,5	33,3	6,9	0,3	2,7	4,2	2213
№Кт/24 F_1 (с поливом)	195,8	3,8	40,4	6,8	0,4	1,8	5,8	3917
№Кт/24 F_1 (без полива)	54,4	1,4	34,1	5,6	0,3	2,5	3,7	1754
№Кр/24 F_1 (с поливом)	171,0	4,6	41,4	6,1	0,4	2,1	4,9	3213

Окончангие таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№Кр/24 F_1 (без полива)	86,5	2,4	37,4	6,8	0,3	2,4	3,9	2151
Среднее (с поливом)	**162,3**	**3,0**	**37,8**	**6,6**	**0,4**	**1,8**	**5,7**	**3068**
Min-max (с поливом)	**94,9-347,1**	**1,1-6,4**	**29,9-46,2**	**5,0-8,5**	**0,3-0,4**	**1,2-2,6**	**4,8-6,5**	**1654-5246**
Среднее (без полива)	**49,3**	**1,2**	**32,7**	**6,9**	**0,3**	**2,3**	**4,2**	**1486**
Min-max (без полива)	**32,4-86,5**	**0,4-2,4**	**27,1-37,4**	**4,6-8,9**	**0,2-0,3**	**1,3-2,7**	**3,2-5,2**	**980-2213**

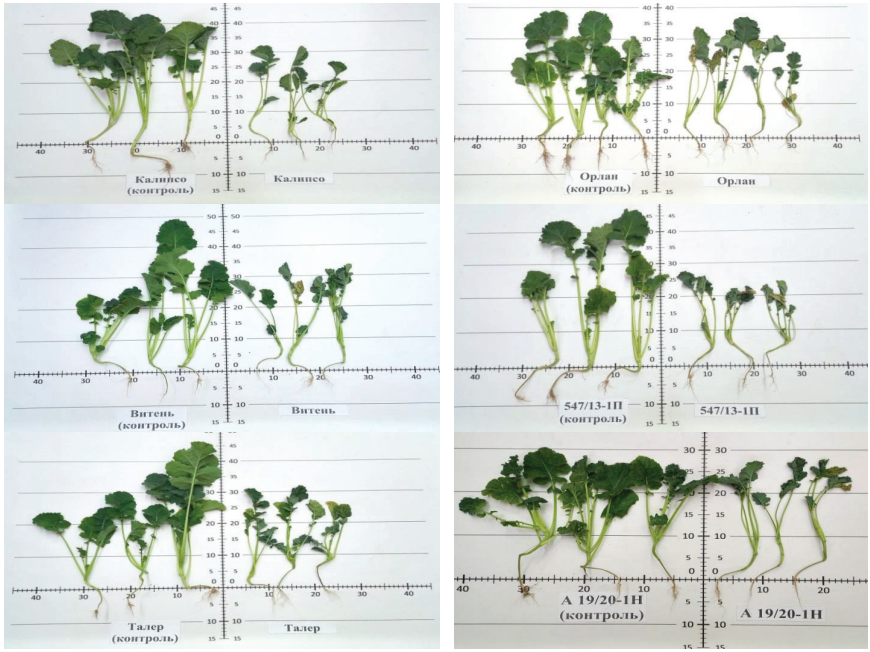
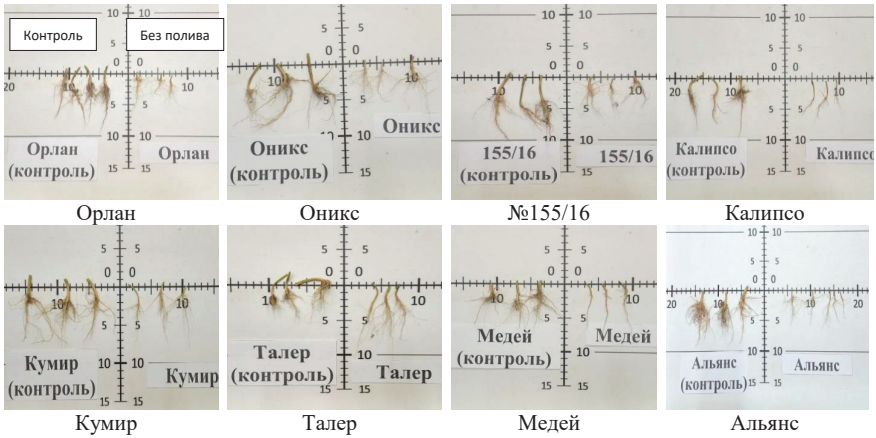


Рисунок 4. Развитие растений рапса озимого на фоне искусственной засухи в условиях ФТК (учет после 20 дней без полива при влажности почвы 5,7 %)

Анализ содержания сухого вещества в растениях изучаемых сортов, образцов и гибридов рапса озимого, которые выращивались в условиях полива и засухи в ФТК (таблица 3) показал, что при достаточной влагообеспеченности его содержание в среднем по всем образцам составило 7,6 %. В условиях недостаточной влагообеспеченности уровень сухого вещества в образцах увеличивался в среднем до 15,4 %. Максимальное его содержание было установлено у сортов Линкор (19,1 %) и Орлан (18,9 %).



Орлан | Оникс | №155/16 | Калипсо

Кумир | Талер | Медей | Альянс

Рисунок 5. Развитие корневой системы рапса озимого на фоне искусственной засухи в условиях ФТК (учет после 20 дней без полива при влажности почвы 5,7 %)

Таблица 3. Содержание сухого вещества в растениях рапса озимого (через 20 дней после полива при влажности почвы 5,7 %)

Образец	Содержание сухого вещества, %	
	Контроль (с поливом)	Без полива
Витень, контроль	6,9	14,3
Альянс (№ 44/12)	6,7	11,7
Калипсо (№ 307/12-1)	7,2	12,9
Орлан (№ 200/15)	7,2	18,9
Линкор (213/16)	6,3	19,1
Родник	7,6	14,1
Кардинал	7,2	15,4
Талер (№ 97/15)	8,5	15,4
Кумир (№ КО/20)	8,6	14,6
А19/20-1Н	7,5	15,1
547/13-1П	6,3	15,9
155/16	6,2	16,4
Буян	7,3	16,1
Медей	9,0	16,0
Оникс	8,0	15,8
Днепр F_1	8,0	15,4
№Кт/24 F_1	8,9	16,3
№Кр/24 F_1	9,4	14,0
Среднее	**7,6**	**15,4**

Водный дефицит листьев растений рапса озимого через 27 дней после прекращения полива (таблица 4) составлял в зависимости от генотипа от 25,6 % (Линкор) до 65,4 % (Буян). Низкий уровень водного дефицита обусловлен высокой водоудерживающей способностью листьев, по данному

признаку выделились Линкор, Альянс, Калипсо, №Кт/24 F_1 и №Кр/24 F_1. Влагоёмкость у сортов, образцов и гибридов в контрольном варианте с поливом была выше по отношению к варианту без полива в среднем на 8,2 %.

Таблица 4. Показатели водного дефицита, влагоемкости и содержания сухого вещества в листьях рапса озимого при дефиците влаги в почве в ФТК (через 27 дней после прекращения полива при влажности почвы 3,9 %)

Образец	Водный дефицит листьев, %		Влагоёмкость, %		Содержание сухого вещества, %	
	Контроль (с поливом)	Без полива	Контроль (с поливом)	Без полива	Контроль (с поливом)	Без полива
Витень, контроль	16,6	47,2	92,9	85,8	8,6	26,8
Альянс (№ 44/12)	16,2	33,4	91,5	89,3	10,2	16,1
Калипсо (№ 307/12-1)	15,4	34,5	91,3	86,0	10,3	21,4
Орлан (№ 200/15)	20,3	48,2	92,5	82,0	9,4	34,7
Линкор (213/16)	7,7	25,6	84,6	76,7	16,7	31,3
Родник	14,2	41,9	90,4	86,5	11,2	23,3
Кардинал	15,0	50,2	92,3	87,1	9,0	25,9
Талер (№ 97/15)	15,0	41,4	92,1	89,1	9,2	18,6
Кумир (№ КО/20)	13,8	45,8	91,2	88,0	10,2	22,1
А19/20-1Н	16,0	52,6	90,9	86,9	10,8	27,7
547/13-1П	13,7	47,4	93,5	84,6	7,5	29,2
155/16	20,7	44,1	91,1	56,8	11,3	23,6
Буян	17,5	65,4	89,1	78,8	13,2	27,7
Медей	16,6	46,0	91,5	83,0	10,2	31,5
Оникс	19,7	51,6	90,2	87,9	12,3	25,0
Днепр F_1	13,1	40,5	91,1	86,7	10,3	22,4
№Кт/24 F_1	16,0	35,3	91,4	84,2	10,3	24,4
№Кр/24 F_1	14,1	39,8	90,8	82,7	10,7	28,7
Среднее	**15,6**	**43,9**	**91,0**	**83,5**	**10,6**	**25,6**
Min-max	**7,7-20,7**	**25,6-65,4**	**84,6-93,5**	**56,8-89,3**	**7,5-16,7**	**16,1-34,7**

Содержание сухого вещества в растениях рапса озимого через 27 дней после прекращения полива находилось в пределах от 7,5–16,7 % у изучаемых генотипов (сортов, образцов и гибридов) в контрольном варианте (с поливом) и 16,1–34,7 % – в вариантах без полива.

Выводы

1. В результате оценки сортов и образцов рапса озимого на растворе сахарозы 9 Атм выделились образцы Буян, Альянс, Калипсо, Оникс, №547/13-1П, Медей и №Кр/24 F_1, у которых длина корня уменьшилась минимально по отношению к контролю (дистиллированная вода) – на 1,1; 17,0; 19,5; 20,5; 21,5; 24,3 и 24,6 % соответственно, а при осмотическом давлении 12 Атм лучшими были образцы Медей, Оникс, №547/13-1П, Калипсо и Орлан – на 28,6; 32,9; 33,3; 39,8 и 42,0 % соответственно. Выделившиеся сорта и

образцы следует считать перспективными для дальнейшего изучения засухоустойчивости в естественных полевых условиях.

2. Содержание сухого вещества в растениях изучаемых генотипов рапса озимого при достаточной влагообеспеченности влагой составило 7,6 %, а в условиях засухи (на 20 день после прекращения полива) увеличилось в среднем до 15,4 %, максимальное его значение отмечено у сортов Линкор (19,1 %) и Орлан (18,9 %), через 27 дней находилось в пределах от 7,5–16,7 % у образцов с поливом и 16,1–34,7 % – в вариантах без полива.

3. Водный дефицит листьев растений рапса озимого через 27 дней после прекращения полива в зависимости от образца составил от 25,6 % (Линкор) до 65,4 % (Буян). По водоудерживающей способности листьев выделились сорта Линкор, Альянс, Калипсо и образцы № Кт/24 F_1 и № Кр/24 F_1.

4. В результате комплексной оценки селекционного материала рапса озимого наибольшей устойчивостью к засухе обладали сорта и образцы Буян, Альянс, Калипсо, Линкор, Орлан, №А19/20-1Н и №155/16, которые следует включать в селекционный процесс рапса озимого для повышения засухоустойчивости этой культуры.

Литература

1. Пилюк, Я. Э. Рапс в Беларуси (биология, селекция и технология возделывания) / Я. Э. Пилюк. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.

2. Привалов, Ф. И. Рапс – основная масличная культура Республики Беларусь / Ф. И. Привалов, Я. Э. Пилюк // Рапс: настоящее и будущее. К 30-летию возделывания рапса в Беларуси : матер. III Межд. науч.-практ. конференции, 15-16 сентября, г. Жодино / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – С. 3-12.

3. Dotzenko, A. D. Selection of alfalfa lines for their ability to germinate under high osmotic pressure / A. D. Dotzenko, T. E. Haus // Agron. – 1960. – J. 52. – S. 200-201.

4. Методические указания по определению и повышению засухоустойчивости кукурузы путем отбора семян, проросших на растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением / Всесоюз. ордена Ленина акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Всесоюз. ордена Ленина науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. — Ленинград, 1968. — 5 с.

5. Киселева, Г. К. Оценка устойчивости сортов яблони к жаре и засухе в условиях краснодарского края / Г. К. Киселева, Е. В. Ульяновская, А. А. Хохлова, А. В. Караваева, Т. В. Схаляхо // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 3(31). – С. 84-92.

6. Chen, K. Abscisic acid dynamics, signaling, and functions in plants / K. Chen, G. J. Li, R. A. Bressan, C. P. Song, J. K. Zhu, Y. Zhao // Journal of Integrative Plant Biology. 2020. №62 (1). – P. 25–54.

7. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов [и др.]. – М. : Центр экологической политики России, 2000. – 65 с.

8. Газе, В. Л. Определение уровня засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы прямым и косвенными методами / В. Л. Газе, В. А. Лиховидова, Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2018. – №2. – С. 25-28.

9. Кожушко, Н. Н. Определение относительной засухоустойчивости и жаростойкости образцов зерновых культур (пшеница, ячмень) способом проращивания семян в растворах сахарозы и после прогревания / Н. Н. Кожушко, А. М. Волкова // Методические указания. – Л. : Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова, 1982. – С. 3-15.

10. Шевелуха, В. С. Способы отбора высокопродуктивных растений ячменя на первом этапе онтогенеза / В. С. Шевелуха, М. А. Прыгун, С. И. Гриб // Методические указания. М., 1985. – 32 с.

11. Олейникова, Т. В. Определение засухоустойчивости сортов пшеницы и ячменя, линий и гибридов кукурузы по прорастанию семян на растворах сахорозы с высоким осмотическим давлением / Т. В. Олейникова, Ю. Ф. Осипов // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. – Л.: Колос, 1976. – С.23-32.

12. Ионова, Е. В. Устойчивость сортов и линий озимой пшеницы к водному и температурному стрессам / Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2011. – №3(15). – С. 19-26.

13. Кравченко, Н. С. Степень адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник») / Н. С. Кравченко, Е. В. Ионова // Зерновое хозяйство России. – 2015. – №5(41). – С. 7-10

14. Ионова, Е. В. Изменение посевных качеств озимой пшеницы при различных условиях выращивания (засушник) / Е. В. Ионова, Ю. Г. Скворцова // Зерновое хозяйство России. – 2013. – №4(28). – С. 27-29.

15. Дорофеева, М. М. Сравнительный анализ некоторых классических и современных методик определения площади листовой поверхности / М. М. Дорофеева, С. А. Бонецкая // Растительные ресурсы. – 2020. – №2. – С.182-192.

16. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – С. 80–85.

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

METHODS AND RESULTS OF EVALUATION OF WINTER RAPE VARIETIES, SAMPLES AND HYBRIDS FOR THE «DROUGHT RESISTANCE» TRAIT

Ya.E. Piliuk, E.S. Byk, S.Yu. Khramchenko, O.N. Avkhimovich, A.A. Novichek

The paper presents the results of the research on evaluating winter rape (Brassica napus oleiferae bienis L.) breeding material for drought resistance in the greenhouse-phytotron facility and under laboratory conditions. Plant resistance to moisture deficit was assessed with regard to the ability of seeds to germinate in osmotic sucrose solutions. Drought resistance was studied using the artificial wilting method. The leaf area, dry matter content, water deficit and water capacity were taken into account. As a result of the evaluation for a set of valuable breeding traits new genotypes with increased drought resistance were selected. It was established that the varieties of winter rape Buyan, Alliance, Calypso, Linkor, Orlan and samples No A19/20-1H and No. 155/16, which had already been used in the breeding process to obtain new hybrids and varieties of winter rape, had the greatest resistance to drought at early stages of organogenesis.

УДК 633.854.54:631.527.53

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ В СЕЛЕКЦИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Е. Л. Андроник, Е. В. Иванова, *кандидаты с.-х. наук*
РУП «Институт льна», аг. Устье
(Дата поступления статьи в редакцию 31.03.2026)

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

Аннотация. *В статье представлены результаты многолетнего опыта селекции льна масличного в Республике Беларусь. Рассмотрены современные подходы к селекционному процессу, включая обобщение классических методов (гибридизация, отбор, мутагенез) с молекулярно-генетическими и*

биохимическими методами, в том числе электрофорезом белков. Описаны условия проведения исследований, структура исходного материала и основные направления селекции. Выделены приоритетные хозяйственно ценные признаки, определяющие продуктивность и качество продукции. Показано, что системный подход к формированию исходного материала и его комплексной оценке позволяет повысить эффективность селекции и создавать сорта, адаптированные к условиям республики.

В условиях глобальных климатических изменений и роста требований к продуктивности агроценозов селекция льна масличного ориентирована на создание сортов с высокой урожайностью семян, устойчивостью к стрессовым факторам и улучшенными качественными характеристиками. Исторически селекция льна основывалась преимущественно на методах классической гибридизации и отбора. Однако современные подходы интегрируют молекулярно-генетические инструменты, включая использование QTL-анализа, геномной селекции и маркер-ассоциированного отбора, что позволяет существенно ускорить создание новых сортов и повысить точность селекционного процесса [1; 2, с. 240].

Широко используются и являются важным инструментом в отечественной селекции льна масличного электрофоретические методы анализа белков для идентификации генотипов и оценки их устойчивости к стрессовым факторам [3]. Одним из ключевых признаков, определяющих адаптивный потенциал льна масличного, особенно в условиях умеренного климата, является холодоустойчивость [4, с. 2]. При холодовом стрессе формируются специфические белковые «сигнатуры», отражающие адаптационные реакции растения, которые могут быть использованы как критерии отбора в селекционных исследованиях [5, с. 9]. Важным направлением, позволяющим существенно расширить генетическое разнообразие исходного материала льна масличного и преодолеть ограничения, характерные для традиционной гибридизации, является мутагенез. Применение физических и химических мутагенов способствует индуцированию наследственных изменений, затрагивающих признаки продуктивности, масличности, устойчивости к болезням и неблагоприятным факторам среды.

Современные научные исследования подчеркивают важность комплексной оценки генетического разнообразия и структуры популяций льна как основы эффективной селекции, включая формирование коллекций исходного материала и разработку селекционных стратегий с учетом морфотипов культуры и направлений ее использования. Наряду с этим классические методы селекции (гибридизация, мутагенез, отбор) сохраняют свое значение и продолжают использоваться селекционерами в сочетании с современными методами и подходами [6, с. 2, 7–9] .

В селекции льна масличного продолжительный период времени селекционеры института использовали селекционные методики, разработанные зарубежными авторами [7, 8], которые не учитывают региональные особенности агроклиматических условий Республики Беларусь. За последние 25 лет

в Беларуси сформирована значительная научно-экспериментальная база по селекции льна масличного, включающая разработку и совершенствование методов отбора, гибридизации и оценки селекционного материала. Обобщение данного опыта позволяет сформировать научно обоснованные методические рекомендации, адаптированные к специфике региона и современному уровню развития селекционной науки.

Целью настоящих исследований являлась разработка методических рекомендаций по селекции льна масличного на основе обобщения многолетнего опыта белорусских селекционеров.

Экспериментальная база исследований включала коллекционные, селекционные и контрольные питомники, заложенные на опытных полях профильного научного учреждения. Объектами исследований служили коллекционные образцы льна масличного различного эколого-географического происхождения; гибридные популяции F_1–F_5, селекционные линии и перспективные номера, отобранные в процессе индивидуального и массового отбора; районированные сорта, и сорт, используемый в качестве контроля.

Полевые опыты проведены в севообороте лаборатории селекции льна масличного РУП «Институт льна». Почва опытных участков – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, постилаемая моренным суглинком. Агротехника возделывания соответствовала зональным рекомендациям: стандартные сроки посева; оптимальные нормы высева; применение минеральных удобрений в соответствии с агрохимическими показателями почвы; защитные мероприятия от сорняков, вредителей и болезней по общепринятым схемам.

Перспективным направлением селекции льна масличного в РУП «Институт льна» является создание сортов для двухцелевого использования (на масло и волокно), короткостебельных с высокопродуктивным соцветием, различных групп спелости, устойчивых к комплексу основных болезней культуры, устойчивых к почвоутомлению, засухоустойчивых, холодоустойчивых, маркерных, адаптивных сортов. Для оценки адаптивного потенциала отечественных сортов проводится их экологическое испытание не только в Государственном сортоиспытании Республики Беларусь, но и в других странах (Россия, Узбекистан, Казахстан и др.) в рамках договоров о научно-техническом сотрудничестве.

Селекцию льна масличного ведут как на улучшение отдельных показателей (продуктивность, масличность, содержание полиненасыщенных жирных кислот, короткостебельность и т.п.), так и на комплекс хозяйственно ценных признаков с учетом экологических условий зоны возделывания сорта и направления его использования.

Перечень признаков, по которым ведут селекцию льна масличного, достаточно объемный и включает более 30 количественных и качественных наименований [9]. Однако для селекционеров, занимающихся созданием новых сортов любой культуры, важно выделить хозяйственно ценные признаки, которые являются ключевыми для улучшения продуктивности и качества сельскохозяйственной продукции. У льна масличного к ним относят:

– урожайность (продуктивность) семян, которая определяется количеством коробочек и семян на растении, количеством семян в коробочке и их размером, массой семян с растения и массой 1000 семян, а также числом растений на единицу площади;

– продолжительность вегетационного и межфазных периодов – время активного роста растений, в течение которого они полноценно развиваются и формируют семена, оказывающих влияние на продуктивность растений и отзывчивость образцов на условия возделывания;

– общая высота растения, длина технической части стебля и длина соцветия. Высокий стеблестой у льна масличного может полегать, что ведет к потере части урожая и снижению его качества, а высота растений менее 40 см создает трудности при механизированной уборке и увеличивает потери семян. Длина технической части стебля важна в том случае, когда создают сорта для двойного использования (на масло и волокно). Стебли льна масличного, так же, как и стебли льна-долгунца, содержат в лубяной части целлюлозу, что дает возможность получать новые инновационные материалы (целлюлоза, высококачественная бумага, композиционные материалы и др.). Поэтому селекция, направленная на создание сортов льна двойного использования, актуальна. Длина соцветия имеет тесную прямую связь с продуктивностью растения, однако его величина у селектируемых растений не должна превышать 1/3 части высоты растения;

– содержание масла и белка в семенах. Масличность некоторых образцов доходит до 52 % и существенно изменяется в зависимости от условий вегетации. Протеины в семенах льна масличного являются вторым компонентом после липидов по содержанию (до 28 %), что позволяет считать это сырье перспективным для получения разнообразных белковых продуктов, для добавления в рацион сельскохозяйственных животных. Содержание белка в семенах сортов льна масличного определяется сортом и зависит от места и условий выращивания;

– жирно-кислотный состав масла. В состав льняного масла входят пять основных жирных кислот: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая и линоленовая. Насыщенные пальмитиновая и стеариновая кислоты вместе составляют около 10 %, ненасыщенные: олеиновая – 20–25 %, линолевая – 10–15 %, линоленовая – 50–70 %. Их соотношение определяет направление использования масла;

– устойчивость к полеганию, дружность созревания и нерастрескиваемость коробочек характеризуют пригодность образца к механизированной уборке.

Эффективность селекции льна увеличивается в результате расширения объема изучаемого селекционного материала, особенно на начальных звеньях селекционного процесса.

Для получения надежных результатов при закладке опытов соблюдается методика селекционного процесса льна масличного, разработанная в РУП «Институт льна» (рисунок 1).

СХЕМА СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

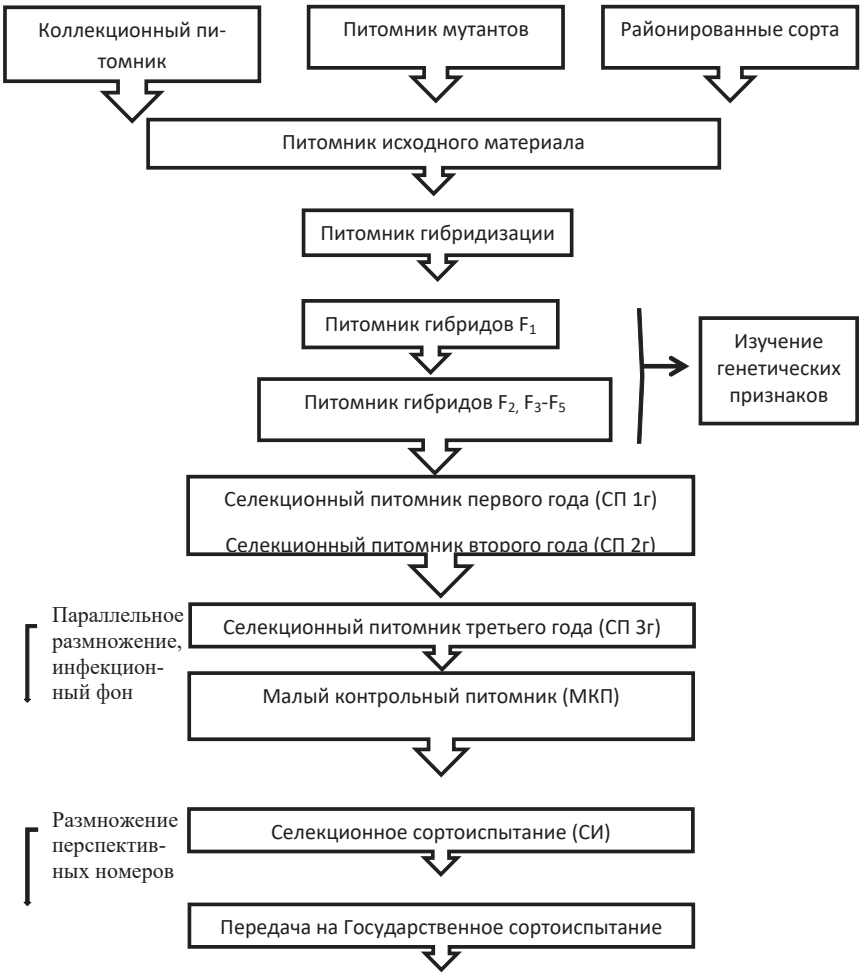


Рисунок 1. Схема селекционного процесса льна масличного в РУП «Институт льна»

Материал, который находится в распоряжении селекционера, необходимо оценить по тем признакам и свойствам, на которые ведется селекция. Для этой цели используют обработку результатов полевых и лабораторных исследований методами вариационной статистики и дисперсионного анализа, применяется корреляционный и регрессионный анализы для установления взаимосвязей между признаками, что важно при проведении косвенного отбора, методы многофакторного анализа [10], генетические методы, разработанные критерии отбора [11].

Исходным материалом служат и образцы, сохраняемые в коллекции льна масличного РУП «Институт льна» (лаборатория селекции льна масличного) которая в настоящее время насчитывает более 385 образцов. Генофонд льна масличного представлен коммерческими сортами отечественной и зарубежной селекции, возделываемыми в настоящее время, и сортами, снятыми с районирования; староместными сортами и кряжами; селекционным материалом (линии, отборы, гибриды, представляющие интерес в качестве источников признаков); дикими формами; мутантными образцами. Присутствуют в коллекции и образцы с неизвестным статусом.

Выявление ярко выраженного нового ценного признака у генотипа льна масличного, как правило, определяет его экономическую эффективность. Поэтому коллекционные образцы льна масличного проходят инвентаризацию согласно схеме (рисунок 2) и изучают по основным хозяйственно ценным признакам в полевых питомниках, идентифицируют, описывают по фенотипу, и сопровожденные необходимой документацией (актом передачи и паспортной базой данных) передают в Национальный банк генетических ресурсов Беларуси (г. Жодино) для хранения.

Помимо общепринятых методов создания исходного материала успешно используется и ряд других менее распространенных в селекционной практике.

Для расширения генетического разнообразия льна применяется метод индуцированного мутагенеза. Отбор холодостойких генотипов льна на стадии зрелого пыльцевого зерна основан на дифференциальной чувствительности мужского гаметофита к пониженной температуре. Способ повышения засухоустойчивости льна масличного основан на подборе пыльцы, устойчивой к повышенной температуре. Использование метода электрофореза в селекции и семеноводстве льна масличного позволяет четко идентифицировать морфологически неразличимые сорта и биотипы льна; устанавливать и исключать из структуры сорта нетипичные формы, для стабилизации генетической конституции сорта и улучшения его хозяйственно-биологических характеристик.

Использование вышеупомянутых методических подходов позволило создать высокопродуктивные сорта льна масличного, адаптированные к условиям Республики Беларусь (таблица).

Выводы

Обобщение многолетнего опыта селекции льна масличного в РУП «Институт льна» позволило разработать научно обоснованные методические рекомендации, адаптированные к агроклиматическим условиям республики. Наибольшую эффективность селекционного процесса обеспечивает комплексное использование классических методов (гибридизация, отбор, мутагенез) в сочетании с современными молекулярно-генетическими и биохимическими подходами.



Рисунок 2. Схема движения образца в коллекции РУП «Институт льна» (на светлом фоне обозначены мероприятия (этапы) осуществляемые однократно, на сером фоне систематически*)*

Расширение генетического разнообразия исходного материала, в том числе за счет мутантной селекции, является важным условием повышения эффективности селекционной работы.

Определены приоритетные хозяйственно ценные признаки, формирующие продуктивность и качество культуры, и подтверждена необходимость их комплексной оценки на всех этапах селекции.

Разработанные методические подходы обеспечивают создание высокопродуктивных, устойчивых и адаптивных сортов льна масличного, пригодных для возделывания в условиях Республики Беларусь и других регионов с аналогичным климатом. В 2025 г. на полях республики возделывали семь сортов льна масличного селекции РУП «Институт льна», которые занимают площадь 2 269 га (или 82,7 % от общей площади льна масличного).

Таблица. Районированные сорта льна масличного РУП «Институт льна»

Сорт	Год районирования	Максимальная урожайность семян, ц/га (данные ГСИ)	Особенности сорта
Брестский	2012	25,8	Двухцелевого направления – семена, волокно
Опус	2013	27,4	Позднеспелый
Илим	2013	30,6	Раннеспелый, крупносемянный
Салют	2014	29,6	Адаптивный, контроль в ГСИ с 2014 по 2022 год, запатентован
Фокус	2017	26,4	Раннеспелый
Дар	2020	23,2	Измененный жирно кислотный состав масла
Визирь	2021	27,5	Устойчив к болезням
Альянс	2021	30,5	Адаптивный
Бонус	2022	28,6	Раннеспелый
Славянин	2022	20,8	Адаптивный, контроль в ГСИ с 2023 года, запатентован
Крок	в ГСИ с 2023 г.	35,4	Устойчив к болезням, первый мутантный сорт

Литература

1. Sandeep Kumar Yadav, Neha Singh. Genetic variability and trait association analysis in linseed (*Linum usitatissimum* L.) // Oil Crop Science. – 2024. – Vol.14 – P. 1–8.

2. Advances in flax (*Linum usitatissimum* L.) breeding and biotechnology strategies // Plant Breeding Reviews. – 2024. – Vol. 30. – P. 233–276.

3. Использование белковых маркеров семян в селекции и семеноводстве льна масличного: рекомендации / Н.А. Дуктова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 58 с.

4. Zhao Q. et al. Transcriptome analysis and physiological response to heat and cold stress in flax (*Linum usitatissimum* L.) at the seedling stage // Environmental and Experimental Botany. – 2025. – Vol. – P. 1–10.

5. Tafforeau M. et al. Two-dimensional electrophoresis investigation of short-term cold response in flax (*Linum usitatissimum* L.) // Plant Physiology and Biochemistry. – 2002. – Vol. 40. – P. 1–5.

6. The study progress on breeding of flax and industrial hemp in China // Journal of Natural Fibers. – 2024. – Vol. – P. 1–10.

7. Методические указания по селекции льна / под ред. В. Ф. Козловской. – Москва, 2004. – 43 с.

8. Селекция льна масличного: методические указания / авт.-сост.: В.А. Лях, И.А. Полякова. – Запорожье, 2008. – 37 с.

9. Методические рекомендации по селекции льна масличного / Е. Л. Андроник, Е. В. Иванова, Л.В. Снопова. – Устье: Институт льна, 2025. – 25 с.

10. Метод оценки селекционного материала льна масличного с использованием многомерного анализа / Е.Л. Андроник [и др.]. – аг. Устье: РУП «Институт льна», 2018 г. –28 с.

11. Использование морфофизиологических критериев отбора исходного материала льна масличного в селекции: монография. / Е. Л. Андроник, Е. В. Иванова, Н. А. Дуктова // Нац. акад наук Беларуси, Ин-т льна. – Минск: Беларуская навука, 2023. – 181 с.

ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL TECHNIQUES IN OIL FLAX BREEDING

E. L. Andronik, E. V. Ivanova

The article presents the results of the many year experience in oil flax breeding in the Republic of Belarus. Modern approaches to breeding are described, including the combination of classical methods (hybridization, selection, mutagenesis) with molecular genetic and biochemical methods, including protein electrophoresis. The research conditions, the structure of the source material and the main directions of breeding are described. Priority economically important traits determining the productivity and quality of products are identified. It is shown that a systematic approach to the formation of the source material and its comprehensive assessment allows increasing the efficiency of breeding and creating the varieties adapted to the conditions of the republic.

УДК 633.31:631.559

КОРМОВАЯ И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ ЧЕКРИТА

Л. В. Володькина, И. А. Черепок, А. А. Боровик, Е. И. Чекель,
кандидаты с.-х. наук
В. В. Крицкая*, научный сотрудник*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 09.04.2026)

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

Аннотация. *В статье приведены результаты изучения люцерны по хозяйственно ценным признакам в конкурсном сортоиспытании. Выделен перспективный сортообразец люцерны изменчивой, который сформировал за три укоса урожайность зеленой массы 885 ц/га, сухого вещества – 141,2 ц/га и превосходил контрольный сорт Будучыня по этим показателям на 207 ц/га (31 %) и 28,7 ц/га (26 %) соответственно. Новый сортообразец люцерны изменчивой, несмотря на неблагоприятные погодные условия, способен формировать урожайность семян 1,23 ц/га, что на 0,45 ц/га или 57,6 % выше контроля. Сортообразец прошел государственное сортоиспытание и районирован на территории Республики Беларусь с 2025 года под названием Чекрита.*

Введение. Люцерна (*Medicago*) – это не просто кормовая культура, это стратегический ресурс для устойчивого земледелия. Ее способность фиксировать атмосферный азот, улучшать структуру почвы, повышать плодородие и служить ценным источником белка для животноводства делает ее незаменимой [1, 2].

Несмотря на проводимые исследования, формирование семян люцерны по-прежнему представляет собой одну из самых сложных и острых проблем в люцерносеянии.

Люцерна обладает потенциальной семенной продуктивностью, исчисляемой в несколько десятков центнеров с гектара. Это означает, что при идеальных условиях каждый гектар люцерны способен сформировать урожай семян, который мог бы обеспечить значительную экономическую выгоду и полностью удовлетворить потребности в посевном материале. Однако фактическая средняя урожайность семян люцерны для нашей области составляет всего лишь 0,3 ц/га. Более того, эта цифра крайне нестабильна, колеблясь по годам от 0,0 до 1,0 ц/га. Такие показатели делают семеноводство люцерны экономически невыгодным и рискованным мероприятием. Низкая и нестабильная урожайность семян люцерны обусловлена комплексом факторов, требующим глубокого изучения и целенаправленных решений.

Для преодоления проблемы формирования семян и достижения экономически оправданного урожая необходим комплексный подход, включающий новые технологические разработки при создании новых сортов, адаптированных к условиям нашей зоны, обладающих высокой потенциальной семенной продуктивностью, устойчивостью к неблагоприятным погодным факторам, болезням и вредителям, а также улучшенной завязываемостью семян.

Методика и условия проведения исследований. Полевые опыты в естественных условиях и на искусственном инфекционном фоне были заложены на землях, закрепленных за РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в Смолевичском районе. Почва опытного участка – дерново-подзолистая, связно-супесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины 0,5 м, характеризующаяся следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,5–6,8; P_2O_5 – 280–300 мг/кг, K_2O – 240–260 мг/кг почвы, B – 0,8 мг/1 кг почвы, индекс окультуренности – 0,9.

В питомнике конкурсного сортоиспытания люцерна высевалась рядовым способом для оценки кормовой продуктивности и широкорядным (ширина междурядья 45 см) для оценки семенной продуктивности. К люцерне посевной относились образцы: Будучыня, Будучыня улучшенная, Артемис, R 1/14, к люцерне изменчивой – образцы СП 52, SIN K, C 6/14 9, Чекрита.

Результаты исследований и их обсуждение. Начало вегетационного периода 2019 г. характеризовалось крайне неблагоприятными условиями. В мае, когда растения активно росли и развивались, почва оказалась недостаточно увлажненной. Этот дефицит влаги не был компенсирован и в июне, что привело к возникновению почвенной засухи.

Июль принес с собой резкую смену погодных условий. Вместо ожидаемого тепла преобладала неустойчивая прохладная погода. Средняя температура воздуха за месяц составила около +15 ºС, что на 1,0–2,5 ºС ниже климатической нормы. Количество осадков в июле было близким к климатической норме.

Общее количество атмосферных осадков за май – август превысило среднемноголетний уровень на 11,8 %, однако это не смогло компенсировать весенний дефицит влаги. Периоды интенсивных осадков чередовались с дли-

тельными сухими промежутками, не обеспечивая равномерного и достаточного увлажнения почвы в течение всего вегетационного периода.

В результате, формирование урожая зеленой массы и сухого вещества в конкурсном сортоиспытании первого года жизни было затянутым. Кормовой стеблестой достиг уборочной спелости к 11 июля. За 80 дней вегетации от полных всходов до начала цветения сортообразцы сформировали урожайность зеленой массы от 182 до 236 ц/га (таблица 1). Урожайность сухого вещества у образцов составила 47–55 ц/га.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы и сухого вещества люцерны в питомнике конкурсного испытания первого года жизни (2019 г.), ц/га

Сортобразец	Урожайность, ц/га			±к контролю	
	1 укос	2 укос	в сумме за 2 укоса	ц/га	%
Будучыня, контроль	182 49	194 57	376 106	-	-
Будучыня улучшенная	198 51	282 80	480 131	+104 +25	+28 +24
СП 52	232 54	313 79	545 133	+169 +27	+44 +25
SIN K	217 51	272 80	489 131	+113 +25	+30 +24
C 6/14 9	236 55	245 74	480 129	+104 +23	+28 +22
Артемис	212 49	238 70	450 119	+74 +13	+20 +12
R 1/14	201 47	239 60	440 107	+64 +1	+17 +1
Чекрита	220 48	330 97	550 145	+174 +39	+46 +37
$НСР_{05}$	18 4,5	24 5,3	43 9,7		

Примечание: в числителе – урожайность зеленой массы, в знаменателе – сухого вещества.

Для формирования полноценного второго укоса понадобилось 49 дней. Высота травостоя на момент уборки достигала 65–70 см. Урожайность зеленой массы и сухого вещества варьировали в пределах от 194 до 330 и от 57 до 97 ц/га соответственно.

В сумме за вегетацию сортообразцы первого года жизни сформировали 376–550 ц/га зеленой массы и 106–145 ц/га сухого вещества. Из таблицы 1 видно, что созданные образцы достоверно превосходят контроль по урожайности зеленой массы и сухого вещества.

Температура воздуха в зимний период 2019–2020 гг. была значительно выше климатической нормы. В декабре в среднем она составила +1,6 °С при средней многолетней –3,7 ºС. Температура воздуха в январе при средней многолетней –4,6 ºС была +0,9 ºС, а в феврале в среднем составила +1,6 ºС.

Преобладание положительных температур в зимний период не позволило растениям люцерны обрести состояние глубокого покоя.

Вегетационный период в марте – апреле 2020 г. характеризовался низкими температурами. В результате для достижения укосной спелости с момента отрастания сортообразцам люцерны потребовалось 54 дня, что на 20 дней больше, чем для формирования 2-го укоса. Урожайность зеленой массы в первом укосе в среднем в контроле составила 306 ц/га, сухого вещества – 37,6 ц/га (таблица 2). Изучаемые сортообразцы достоверно превышали контроль по урожайности зеленой массы. Их урожайность в первом укосе варьировала в диапазоне от 362 до 411 ц/га. Урожайность сухого вещества изучаемых сортообразцов находилась в пределах от 35,4 до 50,8 ц/га.

К моменту уборки второго укоса высота травостоев люцерны достигла 80–90 см. Все образцы имели одинаковую фазу развития – начало цветения. Травостои были устойчивыми к полеганию и обеспечивали хорошую технологичность при уборке. Во втором укосе средняя урожайность зеленой массы по опыту составила 251 ц/га. Пять из семи сортообразцов люцерны, отобранные для изучения в конкурсном испытании, достоверно превосходили контроль по урожайности зеленой массы (250–280 ц/га). Урожайность сухого вещества во втором укосе у сортообразцов находилась в интервале от 32,1 до 43,0 ц/га.

Таблица 2. Урожайность зелёной массы и сухого вещества люцерны в питомнике конкурсного испытания второго года жизни (2020 г.), ц/га

Сортобразец	Урожайность, ц/га				+к контролю	
	1 укос	2 укос	3 укос	в сумме за 3 укоса	ц/га	%
Будучыня, контроль	306 37,6	228 32,1	144 42,8	678 112,5	-	-
Будучыня улучшенная	362 39,3	202 32,8	187 55,7	751 127,8	+73 +15,9	+11 +14
СП 52	382 42,2	250 36,6	212 46,2	844 125,0	+166 +12,5	+24 +11
SIN K	390 42,9	272 38,2	192 53,9	854 135,0	+176 +22,5	+26 +20
C 6/14 9	365 35,4	245 35,2	200 46,4	810 117,0	+132 +4,5	+19 +4
Артемис	411 46,1	268 41,5	204 53,1	883 140,7	+205 +28,2	+30 +25
R 1/14	376 44,2	261 40,6	207 53,2	844 138,0	+166 +25,5	+24 +23
Чекрита	397 50,8	280 43,0	208 47,4	885 141,2	+207 +28,7	+31 +26
$НСР_{05}$	43 4,2	22 3,1	19 5,4	69,4 11,3		

Примечание: в числителе – урожайность зелёной массы, в знаменателе – сухого вещества.

Урожайность зеленой массы в 3-м укосе у стандарта была 144 ц/га при средней урожайности по опыту 194 ц/га. Все созданные образцы показали превосходство от 43 до 64 ц/га.

Погодные условия 2020 г. способствовали тому, что потенциал кормовой продуктивности сортообразцов был реализован полностью как по укосам, так и в целом за вегетацию. Уровень урожайности контроля составил за 3 укоса 678 ц/га зеленой массы и 112,5 ц/га сухого вещества. Сортообразцы превосходили контроль по урожайности зеленой массы от 73 до 207 ц/га или на 11–31 %, по урожайности сухого вещества – от 4,5 до 28,7 ц/га или на 4–26 %. Из них сортообразец люцерны изменчивой Чекрита превзошел контроль соответственно на 31 % по зеленой массе и на 26 % по сухому веществу.

Если погодные условия были благоприятными для формирования кормового травостоя, то для формирования семенников они были сложными. Пониженные температуры сопровождались затяжными моросящими дождями. Для вступившей в массовое цветение семенников люцерны складывались непростые условия для ее опыления энтомофилами. Избыток выпавших осадков спровоцировал полегание семенников, их израстание, появление сорняков, отток питательных веществ от наливающихся семян к интенсивно растущим вегетативным побегам. Началось интенсивное осыпание бобов.

Данные по оценке семенной продуктивности и ее структуре представлены в таблице 3. Сортообразцы сформировали урожайность семян от 0,61 до 1,23 ц/га. Густота стояния была от 62 до 69 растений на 1 м^2. Число стеблей на 1 м^2 – 206–249 шт., из которых представлены генеративными стеблями 130–185 шт. К моменту уборки на каждом генеративном стебле было от 13 до 18 соцветий, из них 7–9 достигли фазы побурения. Каждое из побуревших соцветий имело 11–14 бобов.

Недостаток тепла во время налива привел к тому, что из 3–6 семян, сформированных в бобе, почти все были бурыми. Лишь у сортообразца Чекрита в среднем в бобе было 1,2 шт. полноценных семян, когда как у других сортообразцов только 0,4–0,8 шт. Масса 1000 бурых семян оказалась менее 1 грамма, при этом они были не всхожими. В процессе доработки они удалены как некондиционные. Средняя масса 1000 семян у сортообразцов после доработки составила 1,7–2,0 грамма. По урожайности семян выделен сортообразец под названием Чекрита. Он превысил контроль на 0,45 ц/га или на 57,6 %.

По данным государственного сортоиспытания за 2022–2024 гг. средняя урожайность сухого вещества сортообразца Чекрита составила 156 ц/га, максимальная – 246 ц/га – получена на ГСХУ «Лепельская СС» в 2024 г. Средняя высота растения перед первым укосом – 81 см. Облиственность – 46 %. Количество укосов – 3. Зимостойкость сорта оценивается в 4,5 балла, устойчивость к полеганию в 4,9 балла, устойчивость к засухе в 4,5 балла. За годы испытания среднее содержание протеина в сухом веществе составило 17,14 %, максимальное значение определено в 2022 г. в ГСХУ «Мозырская СС» – 26,33 %. Средний сбор протеина с гектара 14,9 ц, максимальный сбор

49,0 ц/га получен в 2022 г. на ГСХУ «Мозырская СС». Содержание клетчатки – в среднем 29,2 %.

Таблица 3. Структура урожайности семян люцерны изменчивой в питомнике конкурсного сортоиспытания, 2020 г.

Сортообразец	Урожайность, ц/га	Количество, шт.					Масса 1000 семян, г
		растений на 1 м^2	стеблей на 1 м^2*	соцветий на 1 стебле**	бобов на 1 соцветие	семян в бобе***	
Будучыня, контроль	0,78	64	226 185	13 8	12	3-4 0,5	1,7
Будучыня улучшенная	1,02	68	248 180	15 9	14	3-4 0,8	2,0
СП 52	0,80	69	249 180	13 8	13	3-4 0,6	1,9
SIN K	0,84	69	249 170	14 10	14	3-4 0,6	2,0
C 6/14 9	0,76	62	206 130	16 9	11	3-4 0,6	1,9
Артемис	0,75	65	210 160	16 8	12	3-4 0,6	1,8
R 1/14	0,61	64	193 160	18 7	11	3-4 0,4	1,7
Чекрита	1,23	62	215 150	17 9	12	4-6 1,2	2,0
$НСР_{05}$	0,12						

Примечание:
* – в числителе общее число стеблей на 1 м^2, в знаменателе – генеративных;
** – в числителе общее число соцветий на 1стебель, в знаменателе –бурых;
*** – в числителе общее число семян в бобе, в знаменателе – полноценных.

Заключение

По данным конкурсного сортоиспытания лучшим сортообразцом, сочетающим высокою кормовую и семенную продуктивность, является сортообразец Чекрита. По урожайности зеленой массы он превосходит контроль на 31 %, по урожайности сухого вещества – на 26 %.

Сортообразец Чекрита способен сформировать урожайность семян 1,23 ц/га в неблагоприятных погодных условиях, превышая контроль на 0,45 ц/га или на 57,6 %. Сортообразец характеризуется высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью, обладает технологичностью при уборке.

По данным государственного сортоиспытания сорт районирован по всем областям Республики Беларусь.

Литература

1. Игнатьев, С. А. Семенная продуктивность и параметры адаптивности образцов люцерны на юге Ростовской области / С. А. Игнатьев, А. А. Регидин, Н. С. Кравченко // Зерновое хозяйство России. – 2021 б. – № 4(76). – С. 28–33.

2. Казарин, В. Ф. Исходный материал для селекции люцерны на повышение семенной продуктивности / В. Ф. Казарин, И. А. Володина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6 (50). – С. 41–43.

FEED AND SEED PRODUCTIVITY OF VARIEGATED ALFALFA CHEKRITA

L. V. Volodzkina, I. A. Cherepok, A. A. Borovik, E. I. Chekel, V. V. Kritskaya

The paper presents the results of the research conducted on alfalfa in a comparative variety trial for its economically important traits. A promising alfalfa variety sample was identified yielding 885 c/ha of green mass and 141.2 c/ha of dry matter for three cuttings and surpassing the control variety Buduchynya in those indicators by 207 c/ha (31%) and 28.7 c/ha (26%) respectively. Despite unfavorable weather conditions, the new variety of alfalfa variegated was capable of yielding 1.23 c/ha of seed, which is 0.45 c/ha, or 57.6%, higher than the control. The variety sample passed the state trials and was zoned in the Republic of Belarus in 2025 under the name Chekrita.

УДК 633[264+265]:631.526.32+527]

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СОРТООБРАЗЦОВ ФЕСТУЛОЛИУМА МОРФОТИПА ОВСЯНИЦЫ ТРОСТНИКОВОЙ В ПИТОМНИКАХ КОНКУРСНОГО СОРТОИСПЫТАНИЯ

В. А. Столепченко, *канд. с.-х. наук,* ***Е. Р. Клыга,*** *канд. с.-х. наук,*
О. М. Беляй, *научный сотрудник*
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в печать 22.04.2026)

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

Аннотация. *При создании сорта фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой на основе межродовой гибридизации райграса пастбищного и овсяницы тростниковой в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» были сформированы и размножены лучшие сортопопуляции фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой и изучены в питомниках конкурсного сортоиспытания по комплексу хозяйственно-полезных признаков с выделением лучшего сортообразца по урожайности сухого вещества, энергетической и протеиновой питательности корма с последующей передачей сорта фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой в государственное сортоиспытание.*

Введение. В Республике Беларусь насчитывается более 850 тыс. га укосной площади многолетних трав на пахотных землях. Для современного кормопроизводства необходимо использовать сорта многолетних трав пастбищного и пастбищно-сенокосного использования, которые характеризуются высокой конкурентоспособностью в посеве, теневыносливостью, высокой облиственностью, хорошей отавностью и быстрым весенним отрастанием, устойчивостью к многократному скашиванию или стравливанию. Такими ка-

чествами обладают новые сорта фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой, использование которых позволит создавать с белорусскими сортами многолетних бобовых трав высокопродуктивные травостои.

Условия и методика проведения исследований. Исследования проводили в полевых условиях на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2022–2023 гг. в питомниках конкурсного сортоиспытания фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой. Учетная площадь делянки 20 м^2, повторность четырехкратная. Учеты зеленой массы по укосам в питомниках проводили с последующим взвешиванием комбайном Hege 212.

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались по температурному режиму и количеству атмосферных осадков. Гидротермический коэффициент за вегетационный период в 2022 г. составил 1,30, в 2023 г. – 0,73, что позволило объективно оценить селекционный материал фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой.

В 2022 г. в питомнике конкурсного сортоиспытания в период формирования первого укоса в травостоях фестулолиума было получено в среднем по образцам 21,8 ц/га сухой массы. Выше контрольного варианта в первом укосе выделились три сортообразца, сформировавшие на 5,7–42,0 % больше сухой массы относительно контрольного варианта. По урожайности сухой массы выделились сортообразцы $Fl_{тр}$–18а-1, $Fl_{тр}$–408-5, $Fl_{тр}$–ЗМ р.2, сформировавшие соответственно 30,9; 23,5 и 23,0 ц/га (таблица 1).

Таблица 1. Урожайность сухого вещества в питомнике конкурсного сортоиспытания сортообразцов фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой в 2022 г.

Сортообразец фестулолиума	Сухая масса, ц/га					% к контролю
	1-й укос	2-й укос	3-й укос	4-укос	сумма	
$Fl_{тр}$–18а-1 (Уваспеты)	30,9	32,1	35,9	20,5	119,3	119
$Fl_{тр}$–31-1	20,0	34,6	37,6	23,6	115,7	115
$Fl_{тр}$–32-4	20,7	32,8	33,7	24,6	111,9	112
$Fl_{тр}$–ЗМ р.2	23,0	29,8	33,1	23,5	109,4	109
$Fl_{тр}$–13-1	21,3	24,1	26,1	16,9	88,4	88
$Fl_{тр}$–18а-5	21,1	24,9	26,9	15,8	88,8	88
$Fl_{тр}$–509-1	18,6	26,1	28,1	17,0	89,7	89
$Fl_{тр}$–408-5	23,5	22,3	24,9	14,1	84,8	85
$Fl_{тр}$–03-4-44/2	16,9	22,6	25,1	15,3	79,8	80
Контроль Таямница	21,6	28,3	31,4	19,0	100,3	100

В среднем по образцам во втором укосе сформировалось 27,7 ц/га сухой массы. Выше контрольного варианта выделилось четыре сортообразца, сформировавшие на 5,3–22,1 % больше сухой массы относительно контрольного варианта. По урожайности сухой массы выделились сортообразцы $Fl_{тр}$–18а-1, $Fl_{тр}$–31-1, $Fl_{тр}$–32-4, $Fl_{тр}$–ЗМ р.2, сформировавшие соответственно 32,0; 34,6; 32,8 и 29,8 ц/га.

В третьем укосе в среднем по образцам сформировалось 30,2 ц/га сухой массы. Выше контрольного варианта выделилось три сортообразца, сформировавшие на 7,3–14,0 % больше сухой массы относительно контрольного варианта. По урожайности сухой массы выделились те же сортообразцы, что и во втором укосе, сформировавшие соответственно 35,9; 37,6; 33,7 и 33,1 ц/га.

В четвертом укосе в среднем по образцам сформировалось 19,0 ц/га сухой массы. Выше контрольного варианта в 4-м укосе выделилось четыре сортообразца, сформировавшие на 7,7–29,6 % больше сухой массы относительно контрольного варианта. По урожайности сухой массы выделились сортообразцы $Fl_{тр}$–31-1, $Fl_{тр}$–32–4, $Fl_{тр}$–ЗМ р.2, что и во втором укосе, сформировавшие соответственно 23,6; 24,6 и 23,5 ц/га.

Проведенный учет накопления сухого вещества в питомнике конкурсного сортоиспытания фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой по укосам в первый год пользования показал, что лучшими сортообразцами за вегетацию по показателю сбора сухого вещества в сумме за четыре укоса являются номера $Fl_{тр}$–18а-1, $Fl_{тр}$–31-1, $Fl_{тр}$–32-4, $Fl_{тр}$–ЗМ р.2 с урожайностью от 109,4 до 119,3 ц/га.

В 2023 г. в питомнике конкурсного сортоиспытания формирование надземной массы сортообразцами фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой от начала весенней вегетации до фазы трубкования проходило в крайне засушливых условиях. На этот период пришлось формирование первого укоса. Несмотря на неблагоприятные погодные условия, в первом укосе сформировалось от 53 до 80 ц/га зеленой массы (таблица 2). В среднем высота травостоя фестулолиума, при которой проводился учет в первом укосе, составила 31–37 см, во втором – 46–51 см, в третьем – 43–49 см, в четвертом – 32–36 см, в пятом – 30 см. К первому учету, формировавшемуся в условиях сильной засухи, перспективными сортообразцами накоплено от 71,2 до 80,4 ц/га зеленой массы. Во втором укосе с изменением водного режима значительно увеличилась продуктивность, выше контрольного варианта выделилось пять сортообразцов с уровнем урожайности зеленой массы 137,0–165,6 ц/га, то есть на 13,2–36,9 %.

В результате достаточного количества осадков в период формирования третьего укоса урожайность зеленой массы у перспективных сортообразцов составила 126,7–137,4 ц/га. Выше контрольного варианта на 13,2–24,5 % выделилось пять сортообразцов в третьем укосе. В четвертом укосе существенного превышения урожайности зеленой массы сортообразцами над контрольным вариантом не наблюдалось. Этот показатель составил в среднем по образцам 92,0 ц/га. Проведенный последний укос в период текущей вегетации по массе не превышал уровня 14 % от общего количества за вегетацию (таблица 2).

По уровню семенной продуктивности свыше 7 ц/га существенное превышение над контролем в конкурсном сортоиспытании отмечено у трех сортообразцов, а, именно – $Fl_{тр}$–31-1, $Fl_{тр}$–18а-1, $Fl_{тр}$–32-4, которые наряду с высокой продуктивностью кормовой массы обеспечивают высокую урожайность семян.

Таблица 2. Урожайность зеленой массы и семенная продуктивность перспективных сортообразцов фестулолиума в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2023 г.

Сортообразец	Урожайность зеленой массы, ц/га					Сумма за 5 укосов	% к контролю	Семенная продуктивность, ц/га	
	1-й укос	2-й укос	3-й укос	4-й укос	5-й укос			ц/га	% к контролю
$Fl_{тр}$–18а-1 (Уваспеты)	80,4	165,6	137,4	99,5	71,3	554,2	119,5	7,19	133,6
$Fl_{тр}$–31-1	78,9	160,5	130,6	90,4	64,6	525,0	113,2	7,95	129,2
$Fl_{тр}$–32-4	71,2	137,0	129,0	100,0	68,5	505,7	109,1	7,14	132,7
$Fl_{тр}$–ЗМ р.2	66,9	159,7	126,7	102,6	61,3	517,2	111,5	6,50	120,8
$Fl_{тр}$–13-1	53,3	120,8	111,0	101,0	50,3	436,4	94,1	6,72	124,9
$Fl_{тр}$–18а-5	68,9	119,0	110,0	94,0	64,6	456,5	98,4	7,61	141,4
$Fl_{тр}$–509-1	64,3	135,0	117,6	98,6	59,2	474,7	102,4	6,44	119,7
$Fl_{тр}$–408-5	68,7	149,4	125,0	100,7	60,1	503,9	108,7	5,81	108,0
$Fl_{тр}$–03-4-44/2	68,2	150,0	96,9	41,8	53,9	410,8	88,6	5,12	95,2
Контроль Таямница	69,0	121,0	110,4	96,0	67,3	463,7	100,0	5,38	100,0
$НСР_{05}$	7,0	11,9	6,1	5,4	3,0			1,6	

Данные по урожайности сухого вещества фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой в питомнике конкурсного сортоиспытания, представленные в таблице 3, показывают высокий потенциал продуктивности кормовой массы этой быстро отрастающей после укосов культуры. Доля первого укоса в общем накоплении сухого вещества за вегетацию у сортообразцов составила 11,6-15,4 %, второго – 26,7-36,3 %, третьего – 27,9-29,7 %, четвертого – 9,0-20,1 % и пятого – 10,0-12,7 %.

Таблица 3. Продуктивность сухой массы фестулолиума в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2023 г.

Сортообразец	Урожайность сухой массы, ц/га					Сумма за вегетацию, ц/га	% к контролю
	1-й укос	2-й укос	3-й укос	4-й укос	5-й укос		
$Fl_{тр}$–18а-1 (Уваспеты)	16,5	40,7	35,7	19,9	14,1	127,0	117,9
$Fl_{тр}$–31-1	16,6	38,4	36,7	17,6	13,3	122,6	113,9
$Fl_{тр}$–32-4	14,9	34,1	35,4	19,4	15,0	118,7	110,3
$Fl_{тр}$–ЗМ р.2	13,9	38,2	34,1	21,1	12,5	119,7	111,2
$Fl_{тр}$–13-1	11,2	29,8	29,0	20,1	10,0	100,1	92,9
$Fl_{тр}$–18а-5	14,7	28,3	30,1	19,4	13,4	106,0	98,5
$Fl_{тр}$–509-1	13,4	33,4	32,9	18,8	12,0	110,6	102,7
$Fl_{тр}$–408-5	14,3	37,4	33,5	19,3	12,6	117,1	108,8
$Fl_{тр}$–03-4-44/2	14,5	34,7	26,7	8,6	11,2	95,5	88,7
Контроль Таямница	15,2	29,7	29,0	20,1	13,7	107,7	100,00

Ценными считаются травостои, обеспечивающие в травяных кормах концентрацию обменной энергии на уровне 10 МДж/кг сухого вещества, сырого протеина не менее 16 %. При определении качественных показателей в кормовой массе выделился сортообразец фестулолиума $Fl_{тр}$–18а-1 (Уваспеты) с высоким содержанием сырого протеина по укосам, концентрацией обменной энергии 10,8 МДж/кг сухого вещества и валовым сбором обменной энергии 1371,2 ГДж/га (таблица 4). Возделывание сортов с такими показателями качества позволяет получать высокопитательный корм для сельскохозяйственного производства.

Таблица 4. Сравнительная характеристика перспективных сортообразцов фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой

Сортообразец	Урожайность, ц/га		Концентрация обменной энергии, МДж/кг	Валовой сбор обменной энергии фестулолиума, ГДж/га
	зеленой массы	сухой массы		
$Fl_{тр}$–18а-1 (Уваспеты)	554,2	127,0	10,80	1371,2
$Fl_{тр}$–31-1	525,0	122,6	10,71	1312,6
$Fl_{тр}$–32-4	505,7	118,7	10,69	1269,3
$Fl_{тр}$–3М р.2	517,2	119,7	10,68	1278,8
$Fl_{тр}$–13-1	436,4	100,1	10,61	1061,6
$Fl_{тр}$–18а-5	456,5	106,0	10,70	1134,3
$Fl_{тр}$–509-1	474,7	110,6	10,64	1176,4
$Fl_{тр}$–408-5	503,9	117,1	10,62	1243,6
$Fl_{тр}$–03-4-44/2	410,8	95,5	10,58	1010,6
Контроль Таямница	463,7	107,7	10,66	1147,5

Заключение

В результате оценки хозяйственно ценных признаков проведен отбор перспективных сортообразцов фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой с урожайностью сухой массы 119,5–127,0 ц/га, обеспечивающих стабильное накопление кормовой массы после укосов в течение вегетации.

RESULTS OF EVALUATING FESTULOLIUM VARIETIES OF REED FESCUE MORPHOTYPE IN COMPETITIVE VARIETY TESTING NURSERIES

V. A. Stolepchenko, E. R. Klyga, O. V. Belyai

When creating the festulolium variety of reed fescue morphotype based on the intergeneric hybridization of perennial ryegrass and reed fescue at the Research and Practical Center of the NAS of Belarus for Arable Farming the best variety populations of festulolium of reed fescue morphotype were formed, propagated and studied in the nurseries for competitive variety testing on a set of economically important traits. The best variety sample was identified in terms of dry matter yield, energy and protein nutritional value of feed for further submitting the festulolium variety of reed fescue morphotype for state variety testing.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Скируха А. Ч., Булавин Л.А., Булавина Т. М., Володькин Д. Н., Белановская М. А., Кранцевич В. Д. Урожайность озимого ячменя в зависимости от предшественников, способов обработки почвы и доз азотных удобрений 4

Скируха А. Ч., Булавин Л. А., Власов А. Г., Бруй И. Г., Привалов Ф. И. Влияние предшественников и применения гербицидов на урожайность зерна овса 11

Усеня А. А., Скируха А. Ч., Тупик С. И., Пекарь Л. С., Дашкевич И. Н. Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от предшественника при повторном и бессменном посеве 18

Шкраба Е.А., Лукьянюк Н.А. Влияние способа основной обработки почвы на засоренность сахарной свеклы падалицей рапса 23

Якимович Е. А., Сорока С. В., Сорока Л. И., Шкляревская О. А., О. К. Лобач Применение агродронов для подавления инвазивных видов растений 30

Цыбулько Н. Н. Пригодность пахотных земель по радиоактивному загрязнению ^{137}CS и ^{90}SR для возделывания сельскохозяйственных культур на пищевые цели 38

Буштевич В. Н., Гриб С. И., Позняк Е. И., Лаптенок М. М. Урожайность зерна тритикале озимой в зависимости от нормы высева семян в условиях Центральной зоны Беларуси 51

Бруй И. Г., Холодинский В. В., Лужинская Е. И., Сенько Ж. Е., Соболевская Н. В. Эффективность различных систем защиты растений в технологии возделывания ячменя озимого 57

Кравцов С. В., Кот Г.Н., Земоглядчук К. В. Ассимиляционная поверхность листьев при поукосном выращивании гибридов кукурузы 63

Скируха А. Ч., Булавин Л. А., Володькин Д. Н., Володькина Л. В., Белановская М. А., Кранцевич В. Д. Влияние элементов технологии возделывания покровной культуры на урожайность клевера лугового 70

Маслинская М. Е. Сравнительный анализ химического состава жмыхов из семян льна-долгунца и льна масличного 77

Сатишур В. А., Шелюто Б. В. Система применения минеральных удобрений и схемы посадки табака обыкновенного в условиях северо-востока Беларуси 86

Седляр Ф. Ф. Влияние микроудобрения МикроСил-Бор на урожайность маслосемян озимого рапса 95

Храмченко С. Ю., Пилюк Я. Э. Содержание глюкозинолатов в семенах рапса ярового в зависимости от сроков сева, доз азотных удобрений и фунгицидов 100

Чуйко С. Р., Степанова Н. В., Зрелик А. А. Эффективность применения десикации на полеглом посеве льна-долгунца 106

Степанова Н. В. Эффективность хелатных микроэлементов при возделывании льна-долгунца на почве с повышенным уровнем pH_{KCl} 6,2 112
Копылович С. В. Влияние доз минерального азота на урожайность льна-долгунца 118
Кравцов С. В., Боровик А. А., Надточаев Н. Ф., Кот Г. Н., Черепок И.А., Мелешкевич М. А., Степаненко Н. С., Каменко А. С. Продуктивность и кормовые достоинства сортов люцерны посевной при различных нормах высева семян 124
Чекалов И. А. Влияние срока сева и нормы высева семян озимого ячменя на формирование элементов структуры урожайности зерна 132
Клочкова О. В., Холодинский В. В., Холодинская Н. Л. Эффективность фунгицида Оскар, КЭ в посевах яровой пшеницы 142

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

Лобач Е. И., Урбан Э. П. Анализ мировой коллекции пшеницы мягкой озимой по элементам продуктивности 149
Власов А. Г., Носкевич М. Ф., Булавина Т. М. Сравнительная оценка селекционного материала овса по засухоустойчивости 155
Дашкевич Ю. А., Шор В. Ч., Сущевич Ю. А., Крицкий М. Н., Мядель О. В., Алисиевич Л. М. Оценка образцов гороха на устойчивость к корневым гнилям на естественном и искусственном инфекционном фонах 162
Сацюк И. В., Ковтун Р. Н., Кот В. В., Куделко В. Н. Оценка селекционного материала пшеницы мягкой озимой по комплексу хозяйственно ценных признаков 171
Крицкий М. Н., Синявская М. Г., Козловский А. А., Колмакова Я. С., Власов А. Г. Изучение коллекции сои по комплексу хозяйственно ценных признаков и ДНК-маркерам, связанным со скороспелостью 178
Шор В. Ч., Крицкий М. Н., Козловский А. А. Характеристика нового сорта люпина белого Грек 186
Пилюк Я. Э., Бобко Н. Н., Новичек А. А. Оценка комбинационной способности инбредных линий рапса озимого методом топкросса 194
Пилюк Я. Э., Бакановская А. В., Пикун О. А., Черепок И. А., Пасынкова Е. Н., Бекиш Л. П. Хозяйственная и биологическая оценка сортообразцов рапса ярового селекции Ленинградского НИИСХ «Белогорка» в условиях Центральной зоны Республики Беларусь 203
Пилюк Я. Э., Бакановская А. В., Пикун О. А., Батюкова А. Н. Оценка засухоустойчивости сортов и образцов рапса ярового в условиях искусственно смоделированной засухи в фазу листообразования 212
Пилюк Я. Э., Бык Е. С., Храмченко С. Ю., Авхимович О. Н., Новичек А. А. Методы и результаты оценки сортов, образцов и гибридов рапса озимого по признаку «засухоустойчивость» 220
Андроник Е. Л., Иванова Е. В. Организационно-методические приемы в селекции льна масличного 232

Володькина Л. В., Черепок И. А., Боровик А. А., Чекель Е. И., Крицкая В. В. Кормовая и семенная продуктивность люцерны изменчивой Чекрита 240

Столепченко В. А., Клыга Е. Р., Беляй О. М. Результаты оценки сортообразцов фестулолиума морфотипа овсяницы тростниковой в питомниках конкурсного сортоиспытания 246

Научное издание

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И СЕЛЕКЦИЯ В БЕЛАРУСИ

Сборник научных трудов

Основан в 1951 году

ВЫПУСК 62

Дизайн обложки *Н. П. Засулевич*
Ответственный за выпуск *Т. М. Булавина*

Подписано в печать 28.08.2026. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 14,76.
Тираж 100 экз. Заказ 429.

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, 17-1, 220004, г. Минск.