

Н.Н. Андрияшина,
И.Н. Белоус,
В.Н. Адамко,
С.Н. Поцепай, ✉
В.В. Мамеев,
В.Ф. Шаповалов,
С.М. Сычев

Брянский государственный аграрный университет, с. Кокино, Брянская обл., Российская Федерация

✉ snpotsepai@yandex.ru

Поступила в редакцию:
30.05.2022

Одобрена после рецензирования:
29.08.2022

Принята к публикации:
15.09.2022

Nellya N. Andryushina,
Igor' N. Belous,
Vasili N. Adamko,
Svetlana N. Potsepai,
Vasili V. Mameev,
Viktor F. Shapovalov,
Sergey M. Sychev

Bryansk State Agrarian University, v. Kokino, Bryansk region, Russian Federation

✉ snpotsepai@yandex.ru

Received by the editorial office:
30.05.2022

Accepted in revised:
29.08.2022

Accepted for publication:
15.09.2022

Урожайность и качество зерна озимой ржи, возделываемой на дерново-подзолистой радиоактивно загрязненной почве, в зависимости от применяемых средств химизации

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В полевом стационарном опыте на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязненной почве изучено влияние минеральных удобрений различной степени насыщенности и биопрепарата Альбит на урожайность и качество зерна озимой ржи сорта Московская-12.

Методы. Проведенными исследованиями (2019–2021 гг.) на опытном поле Новозыбковского филиала Брянского ГАУ установлено, что самый высокий урожай зерна озимой ржи (4,37 т/га) формировался при применении полного минерального удобрения $N_{90}P_{60}K_{150}$ на фоне обработки растений озимой ржи биопрепаратом Альбит.

Результаты. Под влиянием применяемых средств химизации отмечено улучшение биофизических показателей зерна озимой ржи. Содержание сырого белка в зерне озимой ржи в зависимости от применяемых систем удобрений изменялось от 11,3 до 13,5% при наибольшем его сборе (0,599 т/га) с единицы площади при применении системы удобрения $N_{90}P_{60}K_{150}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит. Применение полного минерального удобрения (NPK) с последовательно возрастающими дозами калия как отдельно, так и в комплексе с биопрепаратом Альбит способствовало уменьшению удельной активности ^{137}Cs в зерне озимой ржи более чем 2,1 раза в сравнении с контролем.

Ключевые слова: озимая рожь, минеральные удобрения, урожайность, биопрепарат Альбит, качество зерна, ^{137}Cs

Для цитирования: Андрияшина Н.Н., Белоус И.Н., Адамко В.Н., Поцепай С.Н., Мамеев В.В., Шаповалов В.Ф., Сычев С.М. Урожайность и качество зерна озимой ржи, возделываемой на дерново-подзолистой радиоактивно загрязненной почве, в зависимости от применяемых средств химизации. Аграрная наука. 2022; 362 (9): 98–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-98-103>.

© Андрияшина Н.Н., Белоус И.Н., Адамко В.Н., Поцепай С.Н., Мамеев В.В., Шаповалов В.Ф., Сычев С.М.

Yields and grain quality of winter rye cultivated on sod-podzolic radioactively contaminated soil depending on the applied means of chemicalization

ABSTRACT

Relevance. The effect of mineral fertilizers of various degrees of saturation and the biological preparation Albit on the yields and quality of winter rye grain of the Moskovskaya-12 variety has been studied in a stationary field experiment on the radioactively contaminated sod-podzolic sandy loam soil.

Methods. The researchers conducted (2019–2021) at the experimental field of the Novozybkov branch of the Bryansk State Agrarian University established that the highest yield of winter rye grain (4.37 t/ha) was formed when using full mineral fertilizer $N_{90}P_{60}K_{150}$ against the background of treatment of winter rye plants with biopreparation Albit.

Results. Under the influence of the applied means of chemicalization, an improvement in the biophysical parameters of winter rye grain has been noted. The content of raw protein in winter rye grain, depending on the fertilizer systems used, has varied from 11.3 to 13.5% with its highest collection (0.599 t/ha) per unit area when using the $N_{90}P_{60}K_{150}$ fertilizer system in combination with the biopreparation Albit. The use of the complete mineral fertilizer (NPK) with consistently increasing doses of potassium both separately and in combination with the biopreparation Albit has contributed to a decrease in the specific activity of ^{137}Cs in winter rye grain by more than 2.1 times in comparison with the control.

Key words: winter rye, mineral fertilizers, yields, biopreparation Albit, grain quality, ^{137}Cs

For citation: Andryushina N.N., Belous I.N., Adamko V.N., Potsepai S.N., Mameev V.V., Shapovalov V.F., Sychev S.M. Yields and grain quality of winter rye cultivated on sod-podzolic radioactively contaminated soil depending on the applied means of chemicalization. Agrarian science. 2022; 362 (9): 98–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-98-103> (In Russian).

© Andryushina N.N., Belous I.N., Adamko V.N., Potsepai S.N., Mameev V.V., Shapovalov V.F., Sychev S.M.

Введение / Introduction

В современных условиях идет интенсификация производства товарного зерна, являющегося основой продовольственной безопасности страны, когда динамичность урожайности зерновых колосовых культур напрямую обусловлена тесной корреляционной связью с обеспеченностью почв макро- и микроэлементами, погодными-климатическими условиями и хозяйственной деятельностью человека [1]. Устойчивый рост урожайности при высоком качестве зерна озимых культур в настоящее время возможен только на основе научно обоснованных, ресурсосберегающих и максимально адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям региона возделывания агротехнологий, включающих в себя подбор лучших предшественников, соблюдение норм высева и сроков сева, использование современных высокопродуктивных районированных сортов [2–6], а также расширенное использование удобрений как одного из важнейших факторов интенсификации земледелия в комплексе со средствами защиты растений [7–11] и биологически активными препаратами, регулируемыми антистрессовое состояние растений при изменении окружающей среды [12, 13, 14]. Одной из наиболее важных зерновых культур в условиях дерново-подзолистых почв Центрального региона Нечерноземья является озимая рожь [15, 16, 17], формирование стабильно высоких урожаев зерна которой определяется условиями минерального питания, и в первую очередь наличием минерального азота [17, 18]. Следует также иметь в виду, что в условиях широкомасштабного радиоактивного загрязнения обширных территорий Европейской части Центрального региона Российской Федерации после аварии на ЧАЭС производством экологически безопасной продукции растениеводства — главная задача сельхозпроизводителей; наиболее эффективным агрохимическим приемом, уменьшающим удельную активность ^{137}Cs в товарной продукции, является применение повышенных доз калийных удобрений [19, 20, 21].

Цель исследований — дать агроэкологическую оценку эффективности комплексного применения минеральных удобрений и препарата Альбит при возделывании озимой ржи на радиоактивно загрязненной почве.

Материал и методы исследования / Materials and method

Исследования проводили в длительном стационарном полевом севооборотном опыте, заложенном на опытном поле Новозыбковского филиала Брянского ГАУ в 2014. Почва опытного участка — дерново-подзолистая супесчаная, до закладки опыта имела следующую характеристику: содержание органического вещества (по Тюрину) — 1,93–1,98; содержание подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) — соответственно 442–458 и 138–146 мг/кг почвы; pH_{KCl} — 5,82–5,99. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs — 216–248 кБк/м².

Объект исследований — озимая рожь сорта Московская-12. Предшественник — узколистый люпин на зерно. Повторность опыта трехкратная, расположение делянок систематическое. Общая площадь опытной делянки первого порядка — 50 м², второго — 50 м², норма высева — 5,5 млн всхожих зерен на га, способ посева — рядовой.

Минеральные удобрения в форме аммиачной селитры (34,4 N), двойного гранулированного суперфосфата (48% P₂O₅), калия хлористого (56% K₂O) вносили

вручную вразброс. Всю расчетную дозу фосфорного удобрения вносили на этапе предпосевной культивации почвы. Азотные и калийные удобрения применяли дробно: N₆₀P₆₀ (N₃₀P₆₀ до посева); N₆₀P₆₀K₆₀ (N₃₀P₆₀K₃₀ до посева + N₃₀K₃₀ в весеннее возобновление вегетации); N₆₀P₆₀K₉₀ (N₃₀P₆₀K₃₀ до посева + N₃₀K₆₀ в весеннее возобновление вегетации); N₆₀P₆₀K₁₂₀ (N₃₀P₆₀K₃₀ до посева + N₃₀K₉₀ до посева + в весеннее возобновление вегетации); N₉₀P₉₀ (N₃₀P₆₀ до посева + N₃₀ в весеннее возобновление вегетации + N₃₀ в фазу выхода в трубку); N₉₀P₆₀K₉₀ (N₃₀P₆₀K₃₀ до посева + N₃₀K₆₀ в весеннее возобновление вегетации + N₃₀ в фазу выхода в трубку); N₉₀P₆₀K₁₂₀ (N₃₀P₆₀K₃₀ до посева + N₃₀K₉₀ в весеннее возобновление вегетации + N₃₀ в фазу выхода в трубку); N₉₀P₆₀K₁₅₀ (N₃₀P₆₀K₃₀ до посева + N₃₀K₁₂₀ в весеннее возобновление вегетации + N₃₀ в фазу выхода в трубку). Некорневую обработку препаратом Альбит осуществляли в фазу начала выхода озимой ржи в трубку из расчета 50 мг/га препарата. Препарат Альбит — действующее вещество: полибета — гидроксифосфорная кислота + магний серноокислый + калий фосфорнокислый + калий азотнокислый + карбонид [25].

Система защиты растений от вредных организмов предполагала применение следующих пестицидов: Фундазол 505 с.п. — 0,6 кг/га осенью в фазе кушения; Камзан М — 4 л/га в фазу выхода в трубку, Билетон 25% с.п. — 0,6 кг/га в фазу начала колошения, Децис 25% к.э. — 0,3 л/га в фазу цветения. Обработку посевов озимой ржи проводили без учета экономического порога вредоносности в качестве превентивной меры.

Агротехника возделывания озимой ржи в проводимых исследованиях соответствовала общепринятой для Центрального Нечерноземья.

Уборку озимой ржи проводили малогабаритным комбайном «Сампо-500» поделаноно, сплошным комбайнированием в фазу полной спелости зерна. Учет урожая — весовой. Урожайность приводили к 100% чистоте и стандартной влажности (14%). Результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Схема полевого опыта, варианты: 1 — контроль (без удобрений), 2 — Альбит, 3 — N₆₀P₆₀, 4 — N₆₀P₆₀K₆₀, 5 — N₆₀P₆₀K₉₀, 6 — N₉₀P₆₀, 7 — N₉₀P₆₀K₉₀, 8 — N₉₀P₆₀K₁₂₀, 9 — N₉₀P₆₀K₁₅₀, 10 — Альбит, 11 — N₉₀P₆₀ + Альбит, 12 — N₉₀P₆₀K₉₀ + Альбит, 13 — N₉₀P₆₀K₁₂₀, 14 — N₉₀P₆₀K₁₅₀ + Альбит.

Лабораторно-аналитические исследования проводили по общепринятым в агрономической службе методикам в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием Брянского ГАУ. Качество зерна определяли стандартными методами: отбор проб, выделение навесок для определения показателей качества зерна — по ГОСТ 13586.3-83, содержание белка — по ГОСТ 10846-91, натура зерна — по ГОСТ 10840-64, масса 1000 зерен — по ГОСТ 10842-89, удельную активность ^{137}Cs определяли на измерительном комплексе УСК «Гамма+» с программным обеспечением «Прогресс-2000» в геометрии Маринелли.

Наиболее благоприятными по агроклиматическим условиям были 2020 и 2021 гг., 2019 г. характеризовался неустойчивым режимом увлажнения.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенные исследования свидетельствуют, что наименьший урожай зерна озимой ржи в среднем за 3 года (2,24 т/га) формировался на контрольном вариан-

те, а максимальный (4,37 т/га) — на фоне применения полного минерального удобрения $N_{90}P_{60}K_{150}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит (табл. 1).

При внесении азотно-фосфорного удобрения $N_{60}P_{60}$ (фон I) отмечено увеличение урожайности зерна озимой ржи относительно контроля на 0,4 т/га, или на 17,8%, а при обработке растений озимой ржи биопрепаратом Альбит повышалась урожайность зерна озимой ржи в сравнении с контролем на 0,21 т/га, или на 9,4%. Применение калийных удобрений в последовательно возрастающих дозах от 60 до 120 кг/га д.в. в составе $N_{60}P_{60}$ (фон I) способствовало повышению урожайности зерна озимой ржи на 0,57–0,83 т/га относительно контроля, или на 25,4–37,1%. При повышении дозы азотного удобрения N_{90} в составе $N_{90}P_{60}$ (фон II) повышалась урожайность зерна озимой ржи до 2,91 т/га, при этом величина прибавки к фону I составила 0,27 т/га (10,2%), а по отношению к контролю урожайность зерна озимой ржи увеличилась на 0,83 т/га.

Применение возрастающих доз калия от 90 до 150 кг/га в составе $N_{90}P_{60}$ (фон II) обеспечила повышение урожайности озимой ржи с 2,91 до 3,60 т/га, прибавка к фону II составила 2,3–6,9 т/га. Обработка посевов озимой ржи биопрепаратом Альбит в комплексе с полным минеральным удобрением (NPK) с последовательно возрастающими дозами калия от 90 до 150 кг/га д.в. способствовала повышению урожайности зерна озимой ржи до 3,65–4,37 т/га, при этом прибавка урожайности от Альбита изменялась в пределах 0,51–0,77 т/га. Максимальный урожай зерна озимой ржи (4,37 т/га) формировался в варианте с применением полного минерального удобрения $N_{90}P_{60}K_{150}$ на фоне обработки посевов биопрепаратом Альбит.

Применяемые средства химизации способствовали повышению белковости зерна озимой ржи (табл. 2).

Отмечено, что под влиянием интенсификации средств химизации содержание сырого белка в зерне озимой ржи повышалось. Применение биопрепарата «Альбит» также способствовало повышению белковости зерна озимой ржи. Комплексное применение средств химизации способствовало активизации синтетических и метаболических процессов в растениях, что благоприятствовало улучшению синтетической активности листового аппарата и увеличило продолжительность его работы, что положительно сказалось на

Таблица 1. Урожайность зерна озимой ржи в зависимости от применяемых систем удобрений, т/га

Table 1. Grain yields of winter rye, depending on the applied fertilizer systems, t/ha

Вариант	Год	Урожайность			Среднее	Прибавка	
		2019 г.	2020 г.	2021 г.		к контролю	от применения препарата Альбит
Контроль (без удобрений)		2,07	2,29	2,35	2,24	-	-
Альбит		2,25	2,57	2,57	2,45	0,21	-
$N_{60}P_{60}$ — фон I		2,46	2,74	2,73	2,64	0,40	-
Фон I + K_{60}		2,66	2,92	2,86	2,81	0,57	-
Фон I + K_{90}		2,85	3,01	3,02	2,96	0,72	-
Фон I + K_{120}		2,99	3,13	3,09	3,07	0,83	-
$N_{90}P_{60}$ — фон II		2,76	3,06	2,92	2,91	0,67	-
Фон II + K_{90}		2,96	3,28	3,18	3,14	0,90	-
Фон II + K_{120}		3,22	3,44	3,47	3,38	1,14	-
Фон II + K_{150}		3,43	3,65	3,73	3,60	1,36	-
Фон II + Альбит		3,16	3,38	3,44	3,33	1,09	0,26
Фон II + K_{90} + Альбит		3,36	3,72	3,88	3,65	1,41	0,51
Фон II + K_{120} + Альбит		3,68	3,92	4,54	4,05	1,81	0,67
Фон II + K_{150} + Альбит		3,86	2/1,08	5,16	4,37	2,13	0,77
HCP_{05} т/га		0,22	0,23	0,32			

Таблица 2. Влияние средств химизации на показатели качества зерна озимой ржи (среднее за 2019–2021 гг.)

Table 2. Influence of chemical means on winter rye grain quality indicators (average for 2019–2021)

Вариант	Содержание сырого белка, %	Сбор сырого белка, т/га	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Стекло-видность, %	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг
Контроль (без удобрений)	11,3	0,253	35,4	696	15	47
Альбит	11,7	0,263	36,2	702	17	43
$N_{60}P_{60}$ — фон I	11,8	0,312	36,4	706	17	52
Фон I + K_{60}	12,4	0,348	37,8	708	18	45
Фон I + K_{90}	13,0	0,385	38,4	709	18	44
Фон I + K_{120}	12,5	0,384	38,5	711	19	37
$N_{90}P_{60}$ — фон II	12,8	0,372	38,9	708	18	51
Фон II + K_{90}	13,3	0,418	39,2	709	18	42
Фон II + K_{120}	13,4	0,453	39,3	712	19	32
Фон II + K_{150}	13,6	0,490	39,5	713	19	27
Фон II + Альбит	13,0	0,433	36,2	710	18	44
Фон II + K_{90} + Альбит	13,2	0,482	39,3	712	19	35
Фон II + K_{120} + Альбит	13,4	0,543	39,6	716	19	24
Фон II + K_{150} + Альбит	13,7	0,599	39,7	718	20	22
HCP_{05} т/га	0,29		1,3	5	3	6

повышении белковости зерна озимой ржи. Наибольшее содержание (13,7%) сырого белка в зерне озимой ржи зафиксировано в варианте с комплексным применением удобрений и биопрепарата Альбит ($N_{90}P_{60}K_{150}$ + Альбит). В этом варианте получен максимальный сбор сырого белка (0,599 г/га) с единицы площади посева

Одним из весьма значимых показателей качества зерна озимой ржи является масса 1000 зерен, которая характеризует зерно с точки зрения его крупности, свидетельствуя о запасе питательных веществ в зерне и его технологических свойствах, поскольку в результате переработки зерна большая часть зерновых представлена эндоспермом наиболее ценной его частью [19]. В наших исследованиях наименьшая масса 1000 зерен (35,42 г) в среднем отмечена на контрольном варианте (табл. 2).

Под влиянием обработки посевов озимой ржи биопрепаратом Альбит масса 1000 зерен озимой ржи по сравнению с контролем увеличивалась на 0,82 г, или на 10,2%, а под влиянием последовательно возрастающих доз минеральных удобрений масса 1000 зерен увеличивалась с 36,4 до 29,7 г. Наиболее высокая масса 1000 зерен формировалась при комплексном применении удобрений и биопрепарата Альбит: 39,7 г в варианте $N_{90}P_{60}K_{150}$ + Альбит.

Важнейшим показателем качества зерна озимой ржи принято считать стекловидность зерна, которая характеризует в определенной степени структуру внутренних тканей зерновки. Стекловидное зерно, как правило, обладает прочной связью «крахмал — белок», его эндосперм содержит белка больше, чем эндосперм мучнистого зерна. При этом размол эндосперма стекловидного зерна сопровождается выходом промежуточных продуктов помола — крупок, которых всегда больше, что в конечном итоге повышает качество муки [22].

В наших исследованиях стекловидность зерна озимой ржи по изучаемым вариантам опыта изменялась в среднем в пределах 15–20% и повышалась под влиянием применяемых средств химизации. Лучшие показатели стекловидности зерна озимой ржи были получены при комплексном использовании средств химизации.

Добротность зерна, используемого в хлебопекарном производстве, издавна определялась таким показателем, как натура. Согласно ГОСТу 27850-88, зерно для экспорта должно иметь натуру не менее 715 г/л [23]. Исследованиями установлено, что натура зерна озимой ржи в эксперименте была на уровне базисных кондиций. Применяемые средства химизации повышали этот показатель.

При радиоактивном загрязнении обширных территорий главным показателем, определяющим качество сельскохозяйственной продукции, является концентрация в ней радионуклидов [24].

Проведенные исследования свидетельствуют, что размеры удельной активности основного дозообразующего радионуклида ^{137}Cs в зерне озимой ржи определялись влиянием применяемых средств химизации. В среднем за годы исследований удельная активность в зерне озимой ржи на контрольном варианте составляла 47 Бк/кг при нормативе 70 Бк/кг. Изучаемые системы удобрений с последовательно возрастающими дозами калия, как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Альбит способствовали уменьшению поступления радионуклидов в растения озимой ржи. Следует также учитывать, что повышение урожайности косвенно способствовало уменьшению удельного ^{137}Cs в зерне озимой ржи за счет эффекта «биологического разбавления». Наименьшая удельная активность ^{137}Cs 225 Бк/кг получена при комплексном применении средств химизации в варианте $N_{90}P_{60}K_{150}$ + Альбит, она в 2,1 раза меньше, чем в контрольном варианте.

Выводы / Conclusion

Проведенными исследованиями по возделыванию озимой ржи на дерново-подзолистой, супесчаной радиоактивно загрязненной почве в звене полевого севооборота установлено, что наиболее высокая урожайность озимой ржи (4,37 т/га) формируется при применении минеральной системы удобрений $N_{90}P_{60}K_{150}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит. Комплексное применение средств химизации способствует улучшению биофизических показателей качества зерна озимой ржи. Содержание сырого белка в зерне озимой ржи повышалось с 11,3 до 13,5% при максимальном сборе белка 0,599 т/га. Масса 1000 зерен повышалась с 35,4 до 39,7 г, натурная масса зерна изменялась от 696 до 718 г/л, стекловидность — с 18 до 19%. Наименьшая удельная активность ^{137}Cs в зерне озимой ржи 22 Бк/кг (норматив — 70 Бк/кг) получена в варианте $N_{90}P_{60}K_{150}$ + Альбит.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.

Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукманов А.А., Маметов М.И., Давлятилин И.Д. Корреляционные связи между агрохимическими свойствами и урожайностью озимой пшеницы в условиях средней полосы лесостепи // *Достижения науки и техники АПК*, 2016. 9, 81–83.
2. Шмырева Н.Я. и др. Потоки и баланс азота почвы в условиях севооборота на эродированной дерново-подзолистой почве // *Известия Самарского государственного университета. Серия: Физико-математические науки*. 2018. 4 (103). 2–5.
3. Е.Н. Шаболкина и др. Перспективы селекции озимой ржи на хлебопекарные цели. *Зерновое хозяйство России*. 2018. 6. 59–63.
4. Богомолова Ю.А., Саков А.П., Ивенин А.В. Энергетическая и экономическая эффективность выращивания сельскохозяйственных культур в ротации зернового севооборота и при использовании различных систем обработки светло-Вятского региона. *Аграрная наука*. 2018. 4. 49–54.
5. Мальцев И.Г. и др. Влияние технологий обработки почвы и гербицидов на засоренность и продуктивность сельскохозяйственных культур. *Защита и карантин растений*. 2019. 3. 12–16.

REFERENCES

1. Lukmanov A.A., Mametov M.I., Davlyatilin I.D. Correlations between agrochemical properties and yields of spring wheat in the conditions of the middle zone of the forest steppe // *Achievements of Science and Technology APK*, 2016. 9, 81–83. (In Russian)
2. Shmyreva N.Ya. et al. Soil nitrogen flows and balance in crop rotation conditions on eroded sod podzolic soil (studies from [15]N). *Message 1: Winter rye. Fertility*. 2018. 4 (103). 2–5. (In Russian)
3. E.N. Shabolkina et al. Prospects of winter rye breeding for baking purposes. *Grain farming of Russia*. 2018. 6. 59–63. (In Russian)
4. Bogomolova Yu.A., Sakov A.P., Ivenin A.V. Energy and economic efficiency of growing crops in the rotation of grain crop rotation and when using various processing systems of the Svetlo Vyatka region. *Agrarian Science*. 2018. 4. 49–54. (In Russian)
5. Maltsev I.G. et al. The influence of tillage technologies and herbicides on the contamination and productivity of agricultural crops. *Protection and quarantine of plants*. 2019. 3. 12–16. (In Russian)

6. А.А. Гончаренко и др. Селекция инбредных линий озимой ржи (*Secale cereale* L.) на общую и специфическую комбинационную способность и ее связь с селекционными признаками. *Сельскохозяйственная биология*. – 2019. 1. 38-46.
7. С.Э. Старых и др. Изучение влияния длительного применения удобрений на органическое вещество дерново подзолистой почвы методом ИК спектроскопии. *Агрохимический вестник*. 2019. 2. 17-22.
8. Мамеев В.В. и др. Реализация потенциальной продуктивности озимой ржи в почвенно климатических условиях Брянской области. *Вестник Брянской ГСХА*. 2019. 2. 20-27.
9. Арефин А.А. и др. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна смеси озимой ржи с озимой викой в условиях Западной Сибири. *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2019. 4. 51-53.
10. Титова В.И. и др. Влияние азота минеральных и органических удобрений на развитие озимой ржи в начальный период поста. *Плодородие*. 2019. 4(109). 15-18.
11. Прудников П.В. и др. Применение фосфоритной муки и хлористого калия при возделывании полевых культур в Брянской области. *Агрохимический вестник*. 2019. 4. 44-50.
12. В.В. Лапа, Н.А. Михайловская, С.А. Касынич и др. Эффективность бактериальных удобрений азобактерин и калиплант при возделывании зерновых культур на эродированных дерново подзолистых суглинистых почвах. *Агрохимия*. 2020. 2. 28-36.
13. Тиранова Л.В. и др. Эффективность комплексного использования минеральных удобрений и микробиологических удобрений на урожайность озимой ржи в условиях Новгородской области. *Аграрная наука*. 2021. 2. 81-83.
14. Тиранова Л.В. Влияние способов применения Азотовита и Фосфатовита на урожайность озимой ржи и плодородие дерново подзолистой почвы в условиях Новгородской области. *Плодородие*. 2021. 2(119). 38-41.
15. Завьялова Н.Е. Влияние минерального питания на урожайность и качество зерна озимой ржи в условиях Предуралья / Н.Е. Завьялова, Д.Г. Шишков, О.В. Иванова // *Плодородие*. 2020. 2(113). 23-26.
16. Шайкова Т.В. и др. Влияние минеральных и комплексных удобрений на зерновую продуктивность озимой ржи в условиях Северо Запада России. *Кормопроизводство*. 2020. 9. 19-23.
17. Завьялова Н.Е. и др. Изменение агрохимических свойств дерново подзолистой почвы в вегетационный период озимой ржи. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2020. 3. 36-39.
18. Завьялова Н.Е. и др. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново подзолистой почвы, содержание основных элементов питания и тяжелых металлов в озимой ржи. *Агрохимия*. 2021. 4. 49-56.
19. Белоус И.Н., Харкевич Л.П., Адамко В.Н. Влияние систем удобрений на урожай и качество зерна озимой ржи. *Агрохимический вестник*. 2014. 1. 38-40.
20. Белоус И.Н., Шаповалов В.Ф., Малявко Г.П. Применение систем удобрения при возделывании озимой ржи в условиях юго запада Нечерноземья. *Агрохимия*. 2017. 9. 49-57.
21. Федоркова М.В., Белова Н.В., Пахненко Е.П., Шаповалов В.Ф., Андреева Н.В. Эффективность систем удобрения на радиоактивно загрязненной дерново подзолистой песчаной почве. *Агрохимия*. 2014. 11. 74-81.
22. Неволina К.Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимых зерновых культур в Предуралье. *Достижения науки и техники АПК*. 2013. 5. 27-29.
23. Ермолаева Т.Я., Надеждина Н.Н., Кулеватова Т.Б. Технологические свойства озимой ржи. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2014. 7. 5-7.
24. Пакшина С.М. и др. Механизмы формирования удельной активности ¹³⁷Cs в зерне озимой ржи. *Вестник Брянской ГСХА*. 2018. 2(66). 12-19.
25. Злотников А.К., Злотников К.М. Применение биопрепарата для повышения устойчивости растений к засухе и другим стрессам. *Агро XXI*. 2007. 10. 37-38.
26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М: *Агропромиздат*. 1985. 135.
27. Ветеринарно санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания радионуклидов ⁹⁰Cr и ¹³⁷Cs. Ветеринарные правила и нормы ВП13.5.13/06 01. *Ветеринар. Патология*, 2002. 4. 44-45.
6. A.A. Goncharenko et al. Selection of inbred lines of winter rye (*Secale cereale* L.) for general and specific combinational ability and its relationship with breeding traits. *Agricultural Biology*. 2019. 1. 38-46. (In Russian)
7. S.E. Starykh et al. Study of the effect of prolonged use of fertilizers on the organic matter of sod podzolic soil by IR spectroscopy. *Agrochemical Bulletin*. 2019. 2. 17-22. (In Russian)
8. Mameev V.V. et al. Realization of the potential productivity of winter rye in the soil and climatic conditions of the Bryansk region. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2019. 2. 20-27. (In Russian)
9. Arefin A.A. et al. Influence of mineral fertilizers on grain yield of a mixture of winter rye with winter vetch in Western Siberia. *International Agricultural Journal*. – 2019. 4. 51-53. (In Russian)
10. Titova V.I. et al. The influence of nitrogen of mineral and organic fertilizers on the development of winter rye in the initial period of fasting. *Fertility*. – 2019. 4 (109). 15-18. (In Russian)
11. Prudnikov P.V. et al. The use of phosphorous flour and potassium chloride in the cultivation of field crops in the Bryansk region. *Agrochemical Bulletin*. 2019. 4. 44-50. (In Russian)
12. V.V. Lapa, N.A. Mikhailovskaya, S.A. Kasyanich et al. The effectiveness of bacterial fertilizers azobacterin and caliplant in the cultivation of grain crops on eroded sod podzolic loamy soils. *Agrochemistry*. 2020. 2. 28-36. (In Russian)
13. Tiranova L.V. et al. Efficiency of complex use of mineral fertilizers and microbiological fertilizers on the yield of winter rye in the conditions of the Novgorod region. *Agrarian Science*. 2021. 2. 81-83. (In Russian)
14. Tiranova L.V. Influence of methods of application of Azotovite and Phosphatovite on the yield of winter rye and the fertility of sod podzolic soil in the conditions of the Novgorod region. *Fertility*. 2021. 2(119). 38-41. (In Russian)
15. Zavyalova N.E. et al. The influence of mineral nutrition on the yield and quality of winter rye grain in the conditions of the Urals. *Fertility*. 2020. 2(113). 23-26. (In Russian)
16. Shaikova T.V. et al. Influence of mineral and complex fertilizers on grain productivity of winter rye in the conditions of the North West of Russia. *Feed production*. 2020. 9. 19-23. (In Russian)
17. Zavyalova N.E. et al. Change of agrochemical properties sod podzolic soil in the growing season of winter rye. *Russian agricultural science*. 2020. 3. 36-39. (In Russian)
18. Zavyalova N.E. et al. The influence of mineral fertilizers on the fertility of sod podzolic soil, the content of basic nutrients and heavy metals in winter rye. *Agrochemistry*. 2021. 4. 49-56. (In Russian)
19. Belous I.N., Harkevich L.P., Adamko V.N. The influence of fertilizer systems on the yield and grain quality of winter rye. *Agrochemical Bulletin*. 2014. 1. 38-40. (In Russian)
20. Belous N.M., Shapovalov V.F., Malyavko G.P. Application of fertilizer systems in the cultivation of winter rye in the south west of the Non black Soil Zone. *Agrochemistry*. 2017. 9. 49-57. (In Russian)
21. Fedorkova M.V., Belova N.V., Pakhnenko E.P., Shapovalov V.F., Andreeva N.V. Efficiency of fertilizer systems on radioactively contaminated sod podzolic sandy soil. *Agrochemistry*. 2014. 11. 74-81. (In Russian)
22. Nevolina K.N. Influence of mineral fertilizers on yield and grain quality of winter grain crops in the Urals. *Achievements of science and technology of the agro industrial complex*. 2013. 5. 27-29. (In Russian)
23. Ermolaeva T.Ya., Nadezhkina N.N., Kulevatova T.B. Technological properties of winter rye. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2014. 7. 5-7. (In Russian)
24. Pakshina S.M. et al. Mechanisms of formation of specific activity of ¹³⁷Cs in winter rye grain. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. – 2018. 2(66). 12-19. (In Russian)
25. Zlotnikov A.K., Zlotnikov K.M. The use of a biological product to increase plant resistance to drought and other stresses. *Agro XXI*. 2007. 10. 37-38. (In Russian)
26. Dospechov B.A. Methods of field experiments with the basics of statistical processing of research results. M: *Agropromizdat*. 1985. 135. (In Russian)
27. Veterinary and sanitary requirements for radiation safety of feed, feed additives, feed raw materials. Permissible levels of radionuclides ⁹⁰Cr and ¹³⁷Cs. Veterinary rules and norms VP13.5.13/06 01// *Veterinar. Pathology*, 2002, 4. 44-45. (In Russian)

ОБ АВТОРАХ:

Нелля Николаевна Андриюшина, аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Брянский государственный аграрный университет, 2а, ул. Советская, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская область, 243365, Российская Федерация

e-mail: bgsha@bgsha.com

<https://orcid.org/0000-0001-6244-2283>

Игорь Николаевич Белоус, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Брянский государственный аграрный университет, 2а, ул. Советская, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская область, 243365,

Российская Федерация,

e-mail: bgsha@bgsha.com

<https://orcid.org/0000-0002-6209-7069>

Василий Николаевич Адамко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Брянский государственный аграрный университет, 2а, ул. Советская, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская область, 243365, Российская Федерация

e-mail: ngsjs-vniia@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4552-9237>

Светлана Николаевна Поцепай, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент института экономики и агробизнеса

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Брянский государственный аграрный университет, 2а, ул. Советская, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская область, 243365, Российская Федерация

e-mail: snpotsepai@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4969-3189>

Василий Васильевич Мамеев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Брянский государственный аграрный университет

2а, ул. Советская, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская область, 243365, Российская Федерация

e-mail: vmameev@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4328-2653>

Виктор Федорович Шаповалов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Брянский государственный аграрный университет

2а, ул. Советская, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская область, 243365, Российская Федерация

e-mail: bgsha@bgsha.com

<https://orcid.org/0000-0002-8949-2384>

Сергей Михайлович Сычёв, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института экономики и агробизнеса

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», ул. Советская 2а, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская область, 243365, Российская Федерация

E-mail: sichev_65@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0941-2963>

ABOUT THE AUTHORS:

Nellya Nikolaevna Andryushina, Postgraduate student of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University", Sovetskaya str. 2a, Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russian Federation

e-mail: bgsha@bgsha.com

<https://orcid.org/0000-0001-6244-2283>

Igor Nikolaevich Belous, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University", Sovetskaya str. 2a, Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russian Federation

e-mail: bgsha@bgsha.com

<https://orcid.org/0000-0002-6209-7069>

Vasili Nikolaevich Adamko, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University", Sovetskaya str. 2a, Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russian Federation

e-mail: ngsjs-vniia@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4552-9237>

Svetlana Nikolaevna Potsepai, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Institute of Economics and Agribusiness

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University", Sovetskaya str. 2a, Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russian Federation

e-mail: snpotsepai@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4969-3189>

Vasili Vasil'yevich Mameev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University", Sovetskaya str. 2a, Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russian Federation

e-mail: vmameev@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4328-2653>

Viktor Fyodorovich Shapovalov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University", Sovetskaya str. 2a, Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russian Federation

e-mail: bgsha@bgsha.com

<https://orcid.org/0000-0002-8949-2384>

Sergey Mikhailovich Sychev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Economics and Agribusiness

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University", Sovetskaya str. 2a, Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russian Federation

E-mail: sichev_65@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-0941-2963>