

Оригинальная научная статья

УДК 597.5:639.337

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2026-4-2-6-01>



Урожайность и содержание азота в системе «Почва-растение» в зависимости от уровня интенсивности технологий возделывания ярового ячменя в Нечерноземной зоне

Елена Владимировна Калабашкина¹, Сергей Леонидович Белопухов²,
Инга Ивановна Серегина², Виктор Николаевич Музраев¹,
Виталия Александровна Цымбалова¹, Людмила Ивановна Мавлютова¹

¹ ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка», Москва, Россия

² Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Инга Ивановна Серегина,
iseregina@rgau-msha.ru

Аннотация

Изучено влияние агротехнологий на содержание нитратного азота в почве, его накопление в растениях и урожайность ярового ячменя. Установлено, что повышение уровня интенсивности агротехнологии возделывания ячменя способствовало увеличению содержания нитратов в почве до 39.3 мг/кг в начальной фазе развития. Анализ содержания азота в надземной части растений показал его изменение в зависимости от уровня технологии возделывания культуры и сортовой специфики растений ячменя. Максимальные величины содержания азота в надземной части растений (2.89%) зафиксированы у ячменя сорта Милан при выращивании в условиях высокоинтенсивной технологии. Показано, что все изучаемые сорта ячменя демонстрировали рост урожайности при повышении уровня технологии возделывания культуры. Так, при интенсивной технологии возделывания урожайность растений ячменя увеличилась до 4.32-5.62 т/га, а на высоком уровне агротехнологии – до 4.70-5.86 т/га. При этом в условиях базовой технологии урожайность находилась в диапазоне 3.55-4.93 т/га. Наибольшая урожайность (5.86 т/га) получена на фоне высокоинтенсивной агротехнологии при выращивании ячменя сорта Белозар. В тех же условиях максимальная прибавка урожая зерна (1.15 т/га) отмечена у ячменя сорта Милан. Урожайность зерна ячменя сорта Милан при высокоинтенсивной технологии возделывания составила 4.70 т/га по сравнению с использованием базовой технологии возделывания (3.55 т/га).

Ключевые слова

яровой ячмень, содержание азота в почве и растениях, уровень интенсивности агротехнологии выращивания, урожайность

Для цитирования

Калабашкина Е.В., Белопухов С.Л., Серегина И.И. и др. Урожайность и содержание азота в системе «Почва-растение» в зависимости от уровня интенсивности технологий возделывания ярового ячменя в Нечерноземной зоне. *Тимирязевский биологический журнал*. 2026;4(2):601. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2026-4-2-6-01>



Yield and nitrogen content in the soil-plant system depending on the intensity level of spring barley cultivation technologies in the Non-Chernozem zone

Elena V. Kalabashkina¹, Sergey L. Belopukhov², Inga I. Seregina²,
Viktor N. Muzraev¹, Vitaliya A. Tsymbalova¹, Lyudmila I. Mavlyutova¹

¹ Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow, Russia

² Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy,
Moscow, Russia

Corresponding author: Inga I. Seregina, iseregina@rgau-msha.ru

Abstract

This study investigated the effect of agricultural technologies on soil nitrate nitrogen content, its accumulation in plants, and the yield of spring barley. It was found that increasing the intensity level of barley cultivation technology contributed to a rise in soil nitrate content up to 39.3 mg/kg at the initial growth stage. Analysis of nitrogen content in the aboveground plant parts revealed its variation depending on the level of cultivation technology employed and on the varietal characteristics of barley plants. The maximum nitrogen content in aboveground plant parts (2.89%) was recorded in the Milan barley variety grown under high-intensity technology. It was demonstrated that all studied barley varieties exhibited increased yields in response to higher levels of cultivation technology. Under intensive cultivation technology, barley yield increased to 4.32-5.62 t/ha, while under high-intensity agricultural technology, it reached 4.70-5.86 t/ha. Under basic technology conditions, the yield ranged from 3.55 to 4.93 t/ha. The highest yield (5.86 t/ha) was obtained under high-intensity agricultural technology for the Belozar barley variety. Under the same conditions, the maximum grain yield increase (1.15 t/ha) was recorded for the Milan barley variety. The grain yield of the Milan barley variety under high-intensity cultivation technology amounted to 4.70 t/ha, compared to 3.55 t/ha under the basic cultivation technology.

Keywords

spring barley, nitrogen content in soil and plants, intensity level of cultivation technology, yield

For citation

Kalabashkina E.V., Belopukhov S.L., Seregina I.I. et al. Yield and nitrogen content in the soil-plant system depending on the intensity level of spring barley cultivation technologies in the Non-Chernozem zone. *Timiryazev Biological Journal*. 2026;4(2):601. https://doi.org/10.26897/2949-4710-2026-4-2-6-01

Введение

Introduction

Производство зерна, прежде всего – ярового ячменя, занимает важное место в агропромышленном комплексе, обеспечивая продовольственную безопасность и оказывая существенное влияние на экономическую стабильность страны. Отмечается устойчивое увеличение объемов производства зерновых культур, что свидетельствует о системном и последовательном развитии данной отрасли. Современные агротехнологии для ярового ячменя все чаще основываются на использовании высокопродуктивных сортов и интенсивных методов ведения хозяйства [1-3].

Эффективное использование азота для ярового ячменя на дерново-подзолистых почвах требует тщательного подхода, учитывающего особенности почвы и сорта. Оптимальный режим

питания является одним из ключевых факторов в повышении урожайности, улучшении качества зерна и устойчивости растений по отношению к стрессам [4-6].

Использование азотных удобрений в агротехнологии ярового ячменя оказывает существенное влияние на содержание азота как в почве, так и в растениях, в частности, в его надземной массе. Умеренность, правильно выбранное время и способ внесения, а также учет климатических условий способствуют снижению риска избыточного накопления нитратов, сохраняя экологическую безопасность и качество будущего урожая [7-10].

В условиях дерново-подзолистых почв, характеризующихся низкой плодородностью и высоким уровнем кислотности, эффективное регулирование азотного питания является важной составляющей агропромышленной практики, позволяющей получать стабильную и высокую урожайность,

а также обеспечивать продовольственную безопасность страны [11, 12].

Цель исследований: изучение влияния уровня агротехнологии возделывания ярового ячменя на урожайность и содержание азота в системе «Почва-растение» в зависимости от сортовой специфики в условиях Нечерноземной зоны.

В задачи исследований входило изучение влияния уровней интенсивности возделывания различных сортов ярового ячменя на урожайность растений, а также оценка изменения содержания нитратного азота в почве и изучение динамики накопления общего азота в надземной части растений в течение вегетационного периода в зависимости от условий выращивания.

Методика исследований

Research method

Исследовательские работы были проведены на опытном участке ФИЦ «Немчиновка» на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. По результатам агрохимического анализа почвы установлено, что она характеризуется слабокислой реакцией ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ равен 5.4), содержание подвижного фосфора соответствует высокому уровню (183 мг/кг), а количество подвижного калия является повышенным (136 мг/кг).

Закладку полевого опыта и дисперсионный анализ проводили по Б.А. Доспехову [13]. Общая площадь опытной делянки составила 80 м², из которых учетная – 64 м². Проведение опыта предусматривало трехкратную повторность. План исследований включал в себя использование сортов ярового ячменя (фактор А) и различные технологии возделывания (фактор Б), характеризующиеся различной интенсивностью питания растений и применением средств защиты.

Базовая технология включает в себя основное внесение аммиачной селитры N_{35} и подкормку в фазу кущения N_{30} . Обработка посевов в фазе кущения против сорняков производилась гербицидом Примадонна 0.6 л/га + Мортира 15 г/га, Фидес 0.5 л/га, против вредителей инсектицидом – Борей Нео в дозе 0.2 л/га и фунгицидом Альто Супер в дозе 0.5 л/га.

Интенсивная технология – основное внесение N_{35} , подкормка в фазу кущения N_{45} и вторая подкормка – в фазу выхода в трубку N_{30} . Обработка посевов в фазе кущения против сорняков гербицидом Примадонна 0,6 л/га + Мортира 15 г/га, Фидес 0.5 л/га, против вредителей инсектицидом – Борей Нео в дозе 0.2 л/га и фунгицидом Альто Супер в дозе 0.5 л/га.

Высокоинтенсивная технология – основное внесение N_{35} , две подкормки в фазу кущения и выхода в трубку N_{60} + N_{45} . Обработка посевов в фазе

кущения против сорняков производилась гербицидом Примадонна 0.6 л/га + Мортира 15 г/га, Фидес 0.6 л/га, против вредителей инсектицидом – Борей Нео в дозе 0.2 л/га и фунгицидом Альто Супер в дозе 0.5 л/га, Новалон листовое удобрения – 1-2 кг/га в фазу молочной спелости, повторное применение – Альто Супер в дозе 0.5 л/га при необходимости после мониторинга.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В течение вегетационного периода ярового ячменя концентрация нитратного азота в почве варьировала в зависимости от сортовых признаков и уровня применяемой технологии. В фазу кущения в пахотном слое (0-20 см) при использовании базовой технологической системы содержание нитратного азота составляло 22.4-25.1 мг/кг почвы, что свидетельствует о высоком уровне обеспеченности доступным для растений азотом. При повышении уровня интенсивности возделывания культуры ячменя наблюдалось увеличение содержания нитратного азота в почве. Так, при использовании интенсивной агротехнологии содержание нитратного азота составляло 27.0-32.4 мг/кг, а при высокой технологии – 25.7-39.3 мг/кг (рис. 1).

В связи с активным потреблением азота в фазу выхода в трубку отмечается уменьшение содержания азота в почве. Так, при использовании базовой технологии для выращивания ячменя обеспеченность растений нитратным азотом составила 8.9-11.3 мг/кг почвы. При использовании интенсивных технологий возделывания ячменя величины содержания нитратного азота в почве составили 13.6-21.6 мг/кг.

В фазе колошения максимальные значения азота на фоне всех уровней технологий отмечаются в почве при выращивании ячменя сорта Зоран (9.4-16.9 мг/кг). При выращивании ячменя сортов Белозар и Милан содержание нитратного азота в почве было ниже: в пределах 8.0-12.9 и 7.9-13.0 мг/кг соответственно. Выявленные различия по содержанию нитратной формы азота в почве при выращивании различных сортов ячменя обусловлены сортовыми различиями растений, а также уровнем агротехнологий.

Динамика накопления азота в надземной части растений ярового ячменя в течение вегетационного периода напрямую отражает их состояние и уровень питательной обеспеченности. На начальных этапах развития растений азот способствует активному росту и формированию листовой поверхности растений, а при подготовке к созреванию уровень азота, как правило, снижается. Исследование содержания азота в надземной массе позволяет лучше понять процессы поглощения

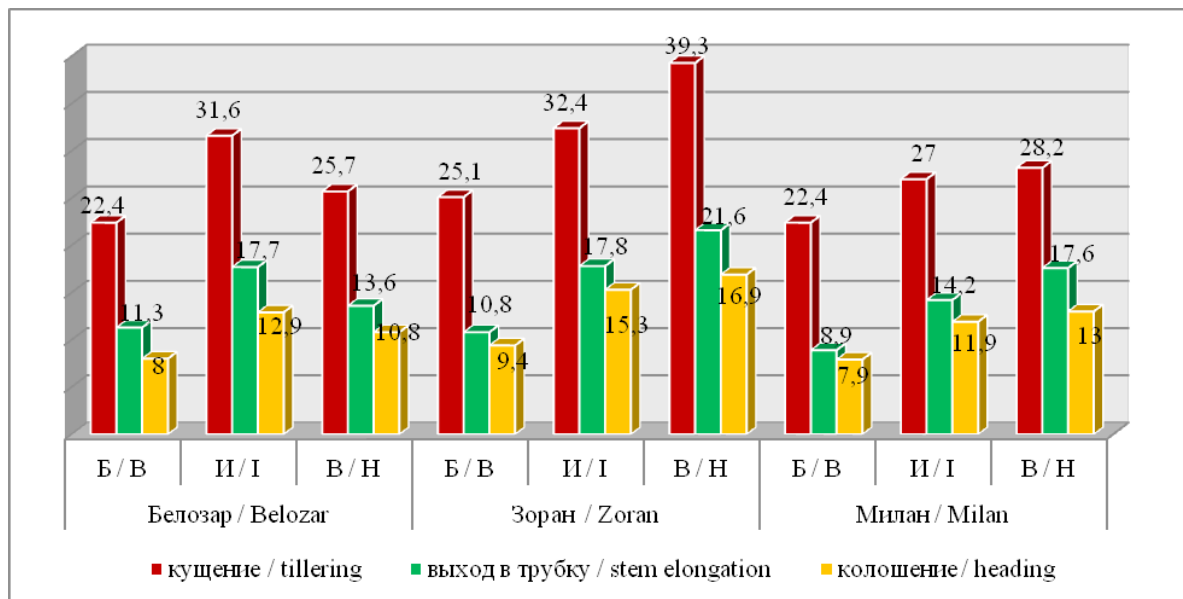


Рисунок 1. Содержание нитратного азота в почве, мг/кг. Б – Базовая технология, И – Интенсивная технология, В – Высокоинтенсивная технология.

Figure 1. Soil nitrate nitrogen content, mg/kg. B – Basic technology, I – Intensive technology, H – High-intensity technology.

и ассимиляции азота в растениях в зависимости от условий выращивания.

В условиях проведения исследований содержание азота в надземной массе ярового ячменя изменялось в зависимости от сорта и уровня интенсивности технологии выращивания. При выращивании ячменя в условиях базовой технологии содержание азота в растениях составило 2.06-2.27%. Повышение уровня обеспеченности растений ячменя минеральным питанием и улучшение условий защиты растений способствовали повышению

содержания азота до 2.48%. Из представленных сортов наибольшее значение зафиксировано у ячменя сорта Милан (рис. 2). Несмотря на высокое содержание азота в почве в фазу кущения (рис. 1), накопление его в растениях находилось ниже оптимального значения. Коэффициент корреляции между содержанием азота в почве и растениях ячменя составил $r = 0,35$, что указывает на снижение размеров поглощения азота растениями. Возможно, это обусловлено неблагоприятными погодно-климатическими условиями в данный период

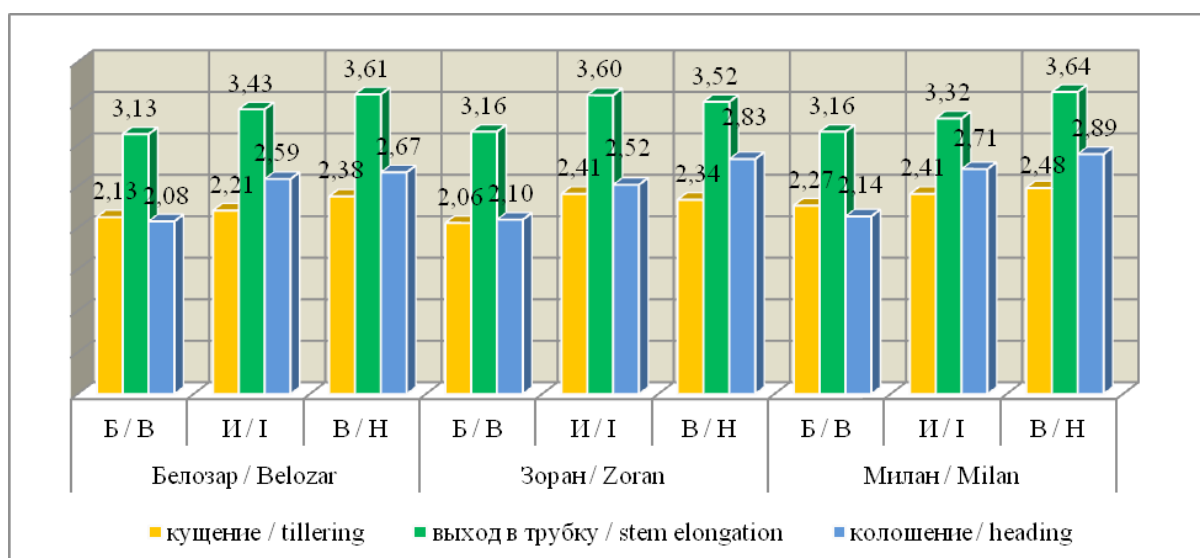


Рисунок 2. Содержание азота в надземной массе ярового ячменя, %. Б – Базовая технология, И – Интенсивная технология, В – Высокоинтенсивная технология.

Figure 2. Nitrogen content in the aboveground plant matter of spring barley (%). B – Basic technology; I – Intensive technology; H – High-intensity technology.

роста растений. В период выращивания гидротермический коэффициент составил 1,0, что соответствует засушливому уровню влагообеспечения территории. Это свидетельствует о дефиците влажности почвы, что произошло в результате недостатка осадков при выращивании растений ячменя.

Наиболее высокое содержание азота в надземной массе ячменя отмечается в фазу выхода в трубку, что свидетельствует об активном накоплении азота и обусловлено его существенной ролью в процессе роста. Содержание азота в растениях ячменя при базовой технологии выращивания варьировало от 3.13 до 3.16%. При этом коэффициент корреляции составил 0.60, что свидетельствует о повышении интенсивности развития растений ячменя. Улучшение условий питания и защиты растений обеспечивало возрастание размеров накопления азота в растениях. Так, при интенсивной технологии возделывания ячменя содержание азота в надземной части растений составило 3.32-3.60%, при высокоинтенсивной технологии – 3.52-3.64%.

Известно, что в фазе колошения содержание азота в растениях снижается, что обусловлено активизацией процессов перераспределения азота из вегетативных органов в генеративные и использованием азота растениями для формирования зерна. В связи с этим в проведенных исследованиях было изучено влияние технологий разной интенсивности на содержание азота в надземной массе растений различных сортов ячменя. Показано, что содержание азота в надземной массе растений ячменя находилось в пределах от 2.08 до 2.89% в зависимости от их сортовой специфики. Максимальное накопление азота продемонстрировал сорт Милан при выращивании в условиях интенсивной технологии минерального питания и защиты растений. Корреляционная связь между азотом нитратов почвы и азотом в растениях определена как высокая с коэффициентом корреляции 0.77.

Урожайность ярового ячменя во многом зависит от уровня интенсивности агротехнических мероприятий, применяемых в процессе его возделывания. Однако степень влияния этих факторов подвержена изменению в зависимости от сортовых особенностей и почвенно-климатических условий. Получено, что урожайность ярового ячменя при базовой технологии возделывания составила 3.55-4.93 т/га в зависимости от сорта ячменя. Все сорта показали прирост урожайности при повышении уровня интенсивности применения агрохимикатов. При интенсивной технологии возделывания ячменя величина урожая зерна составила 4.32-5.62 т/га, а при высоком уровне интенсивности – 4.70-5.86 т/га. Максимальная прибавка урожайности (1.15 т/га) выявлена у растений ячменя сорта Милан (4.70 т/га) при выращивании

в условиях высокоинтенсивной технологии по сравнению с применением базовой технологии возделывания (3.55 т/га). В то же время наибольшая урожайность (5.86 т/га) отмечена у растений ячменя сорта Белозар при высокоинтенсивной технологии возделывания (табл. 1), что обусловлено большей интенсивностью накопления азота в надземной части растений (рис. 2) и усилением его оттока в репродуктивные органы при формировании и созревании зерна.

Таким образом, установлено, что ячмень сорта Милан при высокоинтенсивной технологии возделывания показал самое высокое содержание азота в надземной массе в фазу выхода в трубку (3.64%) при самой низкой урожайности 4.70 т/га. Растения ячменя сортов Белозар и Зоран в этих же условиях возделывания имеют более высокую урожайность (5.86 и 5.21 т/га) при меньшем содержании азота в надземной части в фазу выхода в трубку (3.6 и 3.52% соответственно). Возможно, это связано с тем, что растения ячменя сортов Белозар и Зоран более эффективно используют поглощенный азот на формирование зерновой продуктивности.

Выводы

Conclusions

1. Установлено, что уровень интенсивности технологии возделывания существенно влияет на урожайность ярового ячменя изучаемых сортов. Показано, что наибольшая урожайность получена при высокоинтенсивной технологии возделывания ярового ячменя сорта Белозар, которая составила 5.86 т/га. В тех же условиях максимальная эффективность применяемых агротехнических приемов получена при выращивании ячменя сорта Милан. Прибавка урожая зерна составила 1.15 т/га.

2. Выявлено, что содержание нитратного азота в почве и общего азота в надземной массе ярового ячменя определяется уровнем применяемых агротехнологий возделывания, а также значительно зависит от сортовой специфики растений и фазы их развития.

3. Показано, что растения ячменя сортов Белозар и Зоран более эффективно используют поглощенный азот на формирование зерновой продуктивности, что, вероятно, обусловлено генетическими особенностями данных сортов.

4. Результаты исследований показывают важность комплексного подхода к управлению азотным режимом в системе «Почва-растение», а также обуславливают необходимость применения интенсивных технологий для повышения урожайности сельскохозяйственной культуры и выбора наиболее подходящих сортов в конкретных почвенно-климатических условиях.

Таблица 1. Урожайность ярового ячменя.

Table 1. Spring barley yield.

Сорт <i>Variety</i>	Технология <i>Technology</i>	Урожайность, т/га <i>Yield (t/ha)</i>	Прибавка, т/га <i>Increase (t/ha)</i>	Прибавка, % <i>Increase (%)</i>
Белозар <i>Belozar</i>	Б <i>B</i>	4.93	—	—
	И <i>I</i>	5.62	0.69	14.0
	В <i>H</i>	5.86	0.93	18.9
Зоран <i>Zoran</i>	Б <i>B</i>	4.32	—	—
	И <i>I</i>	5.18	0.86	19.9
	В <i>H</i>	5.21	0.89	20.6
Милан <i>Milan</i>	Б <i>B</i>	3.55	—	—
	И <i>I</i>	4.32	0.77	21.6
	В <i>H</i>	4.70	1.15	32.4
НСП ₀₅ (фактор А) <i>НСП₀₅ (factor A)</i>		0.42		
НСП ₀₅ (фактор Б) <i>НСП₀₅ (factor B)</i>		0.47		

Примечание. Б – Базовая технология, И – Интенсивная технология, В – Высокоинтенсивная технология.

Note. B – Basic technology; I – Intensive technology; H – High-intensity technology.

Список источников

1. Фесенко М.А., Шпанев А.М. Влияние агротехнологических факторов на урожайность ярового ячменя в условиях Ленинградской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024;25(3):330-339. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.3.330-339>
2. Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России. *Сельскохозяйственная биология*. 2015;50(5):550-560. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.5.550rus>
3. Евдокимова М.А. Влияние элементов технологий возделывания на структуру урожая ярового ячменя. *Агропродовольственная*

References

1. Fesenko M.A., Shpanev A.M. The influence of agrotechnological factors on the yield of spring barley in the conditions of the Leningrad Region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2024;25(3):330-339. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.3.330-339>
2. Yakushev V.P., Mikhailenko I.M., Dragavtsev V.A. Reserves of agro-technologies and breeding for cereal yield increasing in the Russian Federation. *Agricultural Biology*. 2015;50(5):550-560. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.5.550rus>
3. Evdokimova M.A. Influence of elements of cultivation technologies on the structure of spring barley harvest. *Agroprodovolstvennaya*

- экономика. 2021;(6):52-57.
https://doi.org/10.54092/24122521_2021_6_52
4. Беленков А.И., Пискунова А.С., Аммар Аббас Убайд А.Г., Биналиев И.Ф. Оценка технологии возделывания ячменя в полевых опытах РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. *Владимирский земледелец*. 2021;(2(96)):4-10.
<https://doi.org/10.24412/2225-2584-2021-2-4-10>
5. Артюхова О.А., Гладышева О.В., Свирина В.А. Влияние элементов технологий возделывания на урожайность новых пивоваренных сортов ярового ячменя. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2020;(2):21-25.
<https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/2/21-25>
6. Исламгулова Р.Р., Серегина И.И. Влияние условий минерального питания на качество фракций зерновок пивоваренного ячменя. *Плодородие*. 2026;(1(148)):26-30.
<https://doi.org/10.25680/S19948603.2026.148.05>
7. Гаврилова А.Ю., Конова А.М., Самсонова Н.Е. Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на формирование урожайности и качества зерна пивоваренного ячменя в Центральном Нечерноземье. *Агрохимия*. 2020;(9):24-31.
<https://doi.org/10.31857/S0002188120090069>
8. Смуров С.И., Наумкин В.Н., Ермолаев С.Н. Урожайность и качество зерна ярового ячменя в зависимости от различных предшественников и фонов минерального питания. *Вестник аграрной науки*. 2020;(2(83)):38-46.
<https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.2.36>
9. Макаров В.И. Влияние доз азотных удобрений на урожайность ячменя, химический состав зерна и соломы. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020;(1(61)):49-58.
https://doi.org/10.48012/1817-5457_2020_1_49
10. Гребенщиков В.Ю., Верхотуров В.В., Белопухов С.Л., Серегина И.И. Влияние минерального питания на урожайность и качество зерна ячменя (*Hordeum vulgare* L.) при выращивании на серой лесной почве лесостепи Приангарья. *Проблемы агрохимии и экологии*. 2019;(3):20-26.
<https://doi.org/10.26178/AE.2019.79.33.004>
11. Воронов С.И., Калабашкина Е.В., Музраев В.Н. и др. Влияние агротехнологий разного уровня интенсивности на продуктивность сортов яровой пшеницы и экономическую эффективность в условиях Центральной Нечерноземной зоны. *Аграрная Россия*. 2025;(3):3-7.
<https://doi.org/10.30906/1999-5636-2025-3-3-7>
12. Попов Ф.А., Козлова Л.М., Носкова Е.Н., Светлакова Е.В. Эффективность возрастающих доз минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя сорта Новичок. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(2):254-263.
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.254-263>
- экономика. 2021;(6):52-57. (In Russ.)
https://doi.org/10.54092/24122521_2021_6_52
4. Belenkov A.I., Piskunova A.S., Ammar Abbas Ubaid A.G., Binaliev I.F. Assessment of barley cultivation technology within field trial of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. *Vladimirskiy zemledelets*. 2021;(2(96)):4-10. (In Russ.)
<https://doi.org/10.24412/2225-2584-2021-2-4-10>
5. Artyukhova O.A., Gladysheva O.V., Svirina V.A. Cultivation technology elements influence on new spring barley brewing varieties. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2020;(2):21-25. (In Russ.)
<https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/2/21-25>
6. Islamgulova R.R., Seregina I.I. Influence of mineral nutrition conditions on the quality indicators of malting barley grain fractions. *Plodorodie*. 2026;(1(148)):26-30. (In Russ.)
<https://doi.org/10.25680/S19948603.2026.148.05>
7. Gavrilova A.Yu., Konova A.M., Samsonova N.E. Influence of doses and combinations of mineral fertilizers on formation of productivity and quality of malting barley grain in the Central Non-Chernozem Region. *Agrohimia*. 2020;(9):24-31. (In Russ.)
<https://doi.org/10.31857/S0002188120090069>
8. Smurov S.I., Naumkin V.N., Ermolaev S.N. Yield and grain quality of spring barley depending on various precursors and mineral nutrition backgrounds. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020;(2(83)):38-46. (In Russ.)
<https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.2.36>
9. Makarov V.I. The effect of urea doses on barley yield and on chemical composition of grain and straw. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2020;(1(61)):49-58. (In Russ.)
https://doi.org/10.48012/1817-5457_2020_1_49
10. Grebenshchikov V.Yu., Verkhoturov V.V., Belopukhov S.L., Seregina I.I. Influence of mineral nutrition on yield and quality of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) When grown on the gray forest soil of forest-steppe of Priangarie. *Agrochemistry and Ecology Problems*. 2019;(3):20-26. (In Russ.)
<https://doi.org/10.26178/AE.2019.79.33.004>
11. Voronov S.I., Kalabashkina E.V., Muzraev V.N. et al. Impact of different intensity levels of agricultural technologies on the productivity of spring wheat varieties and economic efficiency in the conditions of the Central Non-Chernozem Zone. *Agrarnaya Rossiya*. 2025;(3):3-7. (In Russ.)
<https://doi.org/10.30906/1999-5636-2025-3-3-7>
12. Popov F.A., Kozlova L.M., Noskova E.N., Svetlakova E.V. Effectiveness of increasing doses of mineral fertilizers in the cultivation of spring barley of the Novichok variety. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(2):254-263. (In Russ.)
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.254-263>

13. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. Москва: Альянс, 2011:350.

13. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow, Russia: Al'yans, 2011:350. (In Russ.)

Сведения об авторах

Елена Владимировна Калабашкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»; 121205, Россия, г. Москва, Инновационный центр Сколково, Большой бульвар, 30с1; kalabashkina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7952-1842>

Сергей Леонидович Белопухов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры химии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; belopuhov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4473-4466>

Инга Ивановна Серегина, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; seregina.i@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2400-4159>

Виктор Николаевич Музраев, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»; 121205, Россия, г. Москва, Инновационный центр Сколково, Большой бульвар, 30с1; viktor-muzraev@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0004-7935-9733>

Виталия Александровна Цымбалова, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»; 121205, Россия, г. Москва, Инновационный центр Сколково, Большой бульвар, 30с1; agronom-msha@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8946-5485>

Людмила Ивановна Мавлютова, лаборант-исследователь лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений, ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»; 121205, Россия, г. Москва, Инновационный центр Сколково, Большой бульвар, 30с1

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.04.2026
Одобрена после рецензирования 20.05.2026
Принята к публикации 20.05.2026

Information about the authors

Elena V. Kalabashkina, CSc (Ag), Federal Research Center “Nemchinovka”; 121205, Russian Federation, Moscow, Skolkovo Innovation Center, Bolshoy Blvd., 30s1; kalabashkina@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7952-1842>

Sergey L. Belopukhov, DSc (Ag), Professor at the Department of Chemistry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; belopuhov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4473-4466>

Inga I. Seregina, DSc (Bio), Professor at the Department of Agronomy, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49; seregina.i@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2400-4159>

Viktor N. Muzraev, CSc (Ag), Federal Research Center “Nemchinovka”; 121205, Russian Federation, Moscow, Skolkovo Innovation Center, Bolshoy Blvd., 30s1; viktor-muzraev@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0004-7935-9733>

Vitaliya A. Tsymbalova, CSc (Ag), Federal Research Center “Nemchinovka”; 121205, Russian Federation, Moscow, Skolkovo Innovation Center, Bolshoy Blvd., 30s1; agronom-msha@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8946-5485>

Lyudmila I. Mavlyutova, Research Assistant at the Laboratory of Varietal Technologies of Spring Grain Crops and Crop Protection Systems, Federal Research Center “Nemchinovka”; 121205, Russian Federation, Moscow, Skolkovo Innovation Center, Bolshoy Blvd., 30s1

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

The article was submitted to the editorial office
April 12, 2026
Approved after reviewing May 20, 2026
Accepted for publication May 20, 2026