

## Значение предшественников и минерального питания в формировании урожайности и качества ярового ячменя в Пермском крае

С. С. Полякова<sup>1,2✉</sup>, Д. С. Фомин<sup>1</sup>, Н. Н. Яркова<sup>2</sup>, Дм. С. Фомин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия

<sup>2</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова Пермь, Россия

✉E-mail: [ss.polyakova@yandex.ru](mailto:ss.polyakova@yandex.ru)

**Аннотация.** Цель – оценить влияние предшественников и фонов минерального питания на урожайность и качество зерна и семян ярового ячменя в условиях Среднего Предуралья. **Методы.** Исследования проводились на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в Пермском НИИСХ – филиале Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук в течение 2021–2023 гг. Проведен двухфакторный полевой опыт с различными предшественниками и фонами минерального питания. Данные обрабатывались согласно методам Б. А. Доспехова, а качество зерна определялось согласно стандартным методикам. **Результаты.** Лимитирующим фактором, влияющим на формирование растений и их урожайность, является запас продуктивной влаги в почве, которая определяет, как величину, так и качество урожая. Проведенные исследования выявили, что почва под вико-овсяной смесью обладала наибольшим запасом продуктивной влаги в начале вегетационного периода, в то время как к его концу наибольший запас отмечался под клевером 2 г. п. В годы исследований наблюдалось наибольшее иссушение почвы после ячменя, что может быть обусловлено меньшей площадью продуктивного покрытия этой культуры на почве. Изучение всхожести семян ярового ячменя показало их соответствие стандартам. Лучший показатель всхожести был у семян, выращенных после вико-овсяной смеси (95 %), в то время как худший результат был у семян ячменя посеянных по ячменю (92 %). Показано, что оптимальный выбор предшественника и фона питания способствует увеличению урожайности и улучшению качества зерна. Урожайность ячменя варьировала в широком диапазоне, от 1,06 до 3,77 тонны на 1 га. Результаты исследования показывают, что использование вико-овса в качестве предшественника обеспечивает наилучшие показатели урожайности и качества ячменя. Оптимальное сочетание предшественника и фона минерального питания может значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства ячменя. **Научная новизна.** Комплексное влияние удобрений и предшественников на формирование продуктивности и качества ячменя изучается впервые в Пермском крае. Изучаемые приемы управления качеством и урожайностью ячменя позволяют получать высокопродуктивные семена и достигать планируемой урожайности.

**Ключевые слова:** метеорологические условия, яровой ячмень, урожайность, минеральное питание, предшественники, запасы продуктивной влаги, содержание протеина, масса 1000 зерен

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (тема № 122032200247-7). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Для цитирования:** Полякова С. С., Фомин Д. С., Яркова Н. Н., Фомин Д. С. Значение предшественников и минерального питания в формировании урожайности и качества ярового ячменя в Пермском крае // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 09. С. 1147–1157. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-09-1147-1157>.

**Дата поступления статьи:** 02.05.2024, **дата рецензирования:** 11.06.2024, **дата принятия:** 24.07.2024.

# The importance of previous crops and mineral nutrition in the formation of yield and quality of spring barley in the Perm Region

S. S. Polyakova<sup>1, 2✉</sup>, D. S. Fomin<sup>1</sup>, N. N. Yarkova<sup>2</sup>, Dm. S. Fomin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

<sup>2</sup> Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

✉E-mail: ss.polyakova@yandex.ru

**Abstract.** The purpose is to evaluate the influence of previous culture and mineral nutrition on the yield and quality of grain and seeds of spring barley in the conditions of the Middle Urals. **Methods.** The research was conducted in Perm Agricultural Research Institute (division of Perm Federal Research Center Ural Branch Russian Academy of Sciences) during the period 2021–2023 on sod-podzolic heavy loam soil. Two-factor field experiment with different previous culture and mineral nutrition backgrounds was carried out. Data were processed using B. A. Dospelkhov's methods, and grain quality was determined using standard techniques. **Results.** The limiting factor affecting plant growth and productivity is soil moisture, which influences both the size and quality of crops. Studies have shown that the soil under vetch-oat mixtures had the highest level of productive moisture at the start of the growing season. However, by the end of the season, the highest level was found under clover. During the research period, the most significant decrease in soil moisture was observed after barley, possibly due to the smaller surface area covered by this crop. The study of barley seed germination showed that they met the required standards. Seeds grown after vetch-oat had the best germination rate (95 %), while those preceding barley had the worst (92 %). This suggests that choosing the right preceding crop and providing optimal nutrition can lead to increased yield and improved grain quality. The yield of barley can vary widely, ranging from 1.06 to 3.77 tons per hectare. The study results show that using vetch-oat as a preceding crop can provide the best indicators for barley yield and quality. The optimal combination of preceding crop and mineral nutrient background can significantly improve the efficiency of barley production in agriculture. **Scientific novelty.** The complex effect of fertilizers and preceding crop substances on the formation of barley productivity and quality is being studied in the Perm Region for the first time. The methods of barley management and quality control studied allow for obtaining highly productive seeds and achieve the planned yield.

**Keywords:** meteorological conditions, spring barley, yield, mineral nutrition, previous crops, reserves of productive moisture, protein content, weight of 1000 grains

**Acknowledgements.** The research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the (theme No. 122032200247-7). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**For citation:** Polyakova S. S., Fomin D. S., Yarkova N. N., Fomin Dm. S. The role of preceding crops and mineral nutrition in the formation of yield and quality of spring barley in the Perm Region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (09): 1147–1157. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-09-1147-1157>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 02.05.2024, **date of review:** 11.06.2024, **date of acceptance:** 24.07.2024.

## Постановка проблемы (Introduction)

Основной целью современного сельского хозяйства на Среднем Предуралье является увеличение производства зерна высокого качества, а также улучшение качества семенного материала, в частности, ячменя. Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) ценится за свои высокие качественные характеристики, широкий спектр использования и высокую потенциальную урожайность. Эта зерновая культура играет важную роль в различных отраслях, включая производство продуктов питания, технических ма-

териалов и кормов для животных. Благодаря выращиванию ячменя регион может значительно укрепить свою продовольственную безопасность [1–3].

Яровой ячмень обладает высокой урожайностью и хорошо реагирует на применение минеральных удобрений. Однако в сельскохозяйственных предприятиях нашего региона средняя урожайность этой культуры составляет всего 2,2 тонны с гектара, что составляет лишь 50–60 % от ее возможного потенциала. Для увеличения урожайности ячменя необходимо разработать технологию, основанную

на интенсификации воздействия как биологических, так и антропогенных факторов. Технология должна быть максимально адаптирована к местным условиям, способствуя увеличению урожайности и улучшению качества продукции, а также оказывать положительное влияние на состояние почвы и окружающей среды. Исследования показывают, что почвы данного региона обладают оптимальным плодородием и гранулометрическим составом для достижения высокой урожайности ярового ячменя. Это означает, что при использовании адаптированных сортов можно получить не менее 3 тонн зерна с 1 га [4].

В нашем регионе проблему низкой урожайности сельскохозяйственных культур можно решить путем внедрения адаптивных технологий возделывания. Эти технологии включают в себя важные технические приемы, выбор наилучших предшественников и оптимальные дозы минеральных удобрений. Такие меры помогают сохранить влагу в почве и повысить урожайность растений. Эффективность таких подходов проявляется в развитии более сильной корневой системы, увеличении фотосинтетической активности и повышении устойчивости сельскохозяйственных культур к стрессовым факторам окружающей среды. Качество зерна зависит как от почвенно-климатических условий, так и от особенностей сортов. Исследования показывают, что различные агротехнические приемы, включая использование минеральных удобрений, могут значительно влиять на качество зерна ячменя. Например, совместное использование азотных, фосфорных и калийных удобрений может снизить содержание белка в зерне на 0,5–0,6 %, при этом увеличивая его размер. Внесение азотных удобрений, наоборот, увеличивает содержание белка в зерне, но влияние на массу 1000 зерен неоднозначно. В контексте почвенно-климатических условий нашего региона решение этих вопросов становится особенно актуальным. Определение оптимальных доз минеральных удобрений и предшественников для ярового ячменя требует научного обоснования.

Целью исследований является изучение влияния различных доз минеральных удобрений на свойства почвы, урожайность и качество ячменя в условиях типичного полевого зернотравянопарового севооборота.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Работа выполнена в Пермском НИИСХ - филиале Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук в 2021–2023 гг. Почва опытного участка – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, мощность пахотного слоя – 20 см, содержание гумуса – 2,6 % (по Тюрину), подвижных соединений фосфора и калия – 557 и 322 мг/кг (по Чирикову),  $pH_{KCl}$  – 5,13 (ГОСТ 26483-85), Нг – 3,00 мг·экв / 100 г почвы (по

Каппену). Объектом исследований был районированный, ценный по качеству сорт ярового ячменя Родник Прикамья. Полевой опыт двухфакторный: предшественник (фактор А) – клевер 1 г. п., клевер 2 г. п., вико-овсяная смесь, яровая пшеница и ячмень; фон минерального питания (фактор В) – без удобрений,  $N_{60}$ ,  $P_{30}K_{60}$ ,  $N_{60}P_{30}K_{60}$ . Повторность вариантов опыта трехкратная. Площадь делянки для фактора А (предшественник) – 1800 м<sup>2</sup>, для фактора В (фон питания) – 150 м<sup>2</sup>.

Агротехника культур включала в себя зяблевую вспашку оборотным плугом KUNN MULTI MASTER 113 NSH-5, ранневесеннее боронование боронами БЗСТ-1, предпосевную культивацию универсальным культиватором КБМ-8П, посев сеялкой Amazone D9-4000, послепосевное прикатывание катками ЗКК-8. Минеральные удобрения вносили согласно схеме опыта под предпосевную культивацию ячменя в виде аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия. Уборку зерновых проводили при полной спелости комбайном Samro SR-2010, многолетних трав – в фазе цветения методом площадок.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89)<sup>1</sup>, качество зерна – согласно методикам «Методические рекомендации по оценке качества зерна» (Москва, 1977)<sup>2</sup>, белок – ГОСТ 10846-91<sup>3</sup>, масса 1000 зерен – ГОСТ 12042-80<sup>4</sup>, жизнеспособность семян – тетразолюно-топографическим методом, лабораторная всхожесть – ГОСТ 12038-84<sup>5</sup>.

Экспериментальные данные подвергались математической и статистической обработке по Б. А. Доспехову (1985)<sup>6</sup>.

#### Результаты (Results)

Агроклиматические условия в Пермском крае претерпевают изменения, однако в последние годы можно выделить общие черты – недостаток влаги и избыток тепла в период вегетации растений, что определяет потенциальный уровень возможного урожая культурных растений, в том числе и ярового ячменя. Данная тенденция подтверждается собственными наблюдениями в течение периода исследований 2021–2023 гг. и наблюдениями Ги-

<sup>1</sup> ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. Москва: Стандартинформ, 2006. 8 с.

<sup>2</sup> Методические рекомендации по оценке качества зерна / А. А. Созинов, Н. И. Блохин, И. И. Василенко [и др.]. Москва, 1977. 172 с.

<sup>3</sup> ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. Москва: Стандартинформ, 2009. 8 с.

<sup>4</sup> ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. Москва: Стандартинформ, 2011. 4 с.

<sup>5</sup> ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: Стандартинформ, 2011. 31 с.

<sup>6</sup> Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 350 с.

дрометцентра<sup>7</sup>. Метеорологические условия вегетационного периода значительно различались по годам и от среднемноголетних данных (таблица 1).

В целом засушливыми условиями в вегетационный период характеризовались 2022 и 2023 гг., когда сумма осадков составила 197 и 162 мм соответственно, при среднемноголетних значениях 286 мм, тем не менее, оптимальным по количеству осадков являлся 2021 г. - 296 мм (таблица 1).

Общеизвестно, что одним из лимитирующих факторов, влияющих на формирование растений, их рост и развитие, является запас продуктивной влаги, влияющая на конечный показатель – величину и качество получаемого урожая. В исследованиях, проведенных с 2021 по 2023 гг., выявлено, что в начале вегетационного периода наибольшим запасом продуктивной влаги обладала почва с предшествующими ячменю следующими культурами: вико-овсяная смесь и яровая пшеница, в конце вегетации – клевер 2 г. п. (контроль). Наибольшее иссушение почвы в годы исследований наблюдалось по ячменю как предшественнику, к началу вегетации запас составил 57 мм, к концу вегетации – 44 мм на глубине 0–30 см (таблица 2), что объясняется меньшей площадью продуктивного покрытия растениями почвы.

Севооборот играет ключевую роль в агроклиматических условиях Пермского края, поскольку он способствует не только снижению риска уро-

жайных потерь, но и увеличению накопления питательных элементов в растительной продукции (таблица 3). В этом контексте эффективное управление севооборотом может оказаться важным инструментом для борьбы с неблагоприятными изменениями в климате и метеорологических условиях. Разнообразие культур в севообороте позволяет не только улучшить структуру почвы, но и повысить ее плодородие за счет более полного использования питательных веществ. Оптимизация севооборота и выбор оптимального предшественника может способствовать устойчивому росту урожайности и качества сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата.

Известно, что многолетние травы не только служат источником корма, но и способствуют увеличению плодородия почвы и повышению урожайности последующих сельскохозяйственных культур в севообороте. Количество органической биомассы, вносимой в почву корневыми и пожнивными остатками многолетних трав, при благоприятных погодных условиях в 3–5 раз превосходит количество, оставляемое однолетними культурами.

Важно также проводить дополнительные исследования, чтобы более глубоко понять, какие культуры и комбинации культур наиболее эффективны в конкретных климатических условиях Пермского края.

Таблица 1  
Метеорологические условия, 2021–2023 гг.

Показатель	Год	Месяцы					Среднее за вегетацию
		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	
Температура воздуха, °С	2021	5,4	16,3	18,8	18,5	18,6	15,5
	2022	5,0	9,4	14,7	20,1	19,4	13,7
	2023	5,9	15,0	14,4	20,7	17,6	14,7
Среднемноголетнее		3,5	13,0	16,5	18,6	15,3	–
Сумма осадков, мм	2021	40	23	65	144	24	296
	2022	43	65	69	8	12	197
	2023	5	23	22	51	61	162
Среднемноголетнее		36	17	81	70	76	286

Table 1  
Meteorological conditions, 2021–2023

Indicator	Year	Months					Average for the growing season
		April	May	June	July	August	
Air temperature, °C	2021	5.4	16.3	18.8	18.5	18.6	15.5
	2022	5.0	9.4	14.7	20.1	19.4	13.7
	2023	5.9	15.0	14.4	20.7	17.6	14.7
Average annual		3.5	13.0	16.5	18.6	15.3	-
Precipitation amount, mm	2021	40	23	65	144	24	296
	2022	43	65	69	8	12	197
	2023	5	23	22	51	61	162
Average annual		36	17	81	70	76	286

<sup>7</sup> Официальный сайт Пермского ЦГМС. URL: <https://meteo.perm.ru> (дата обращения: 18.04.2023).

Таблица 2  
Запасы продуктивной влаги перед посевом и во время уборки ярового ячменя  
в среднем за 2021–2023 гг., мм

Предшественник	Начало вегетации		Конец вегетации	
	0–30	0–100	0–30	0–100
Клевер 2 г. п. (контроль)	62	190	59	201
Клевер 1 г. п.	66	210	55	186
Яровая пшеница	69	223	56	189
Вика + овес	72	236	54	184
Ячмень	57	201	44	149

Table 2  
Reserves of productive moisture before sowing and during harvesting of spring barley  
average for 2021–2023, cm

Previous crop	Beginning of vegetation period		The end of the growing season	
	0–30	0–100	0–30	0–100
Clover of the second year of use (control)	62	190	59	201
Clover of the first year of use	66	210	55	186
Spring wheat	69	223	56	189
Vetch + oat	72	236	54	184
Barley	57	201	44	149

Таблица 3  
Содержание белка в зерне ячменя в зависимости от предшественника и фонов минерального  
питания, среднее за 2021–2023 гг., %

Предшественник (А)	Фон минерального питания (В)				Среднее
	0	N <sub>60</sub>	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	
Клевер 2 г. п. (контроль)	15,62	15,62	13,75	14,37	14,84
Клевер 1 г. п.	14,37	15,10	14,38	13,70	14,39
Яровая пшеница	13,75	15,63	14,34	13,70	14,36
Вика + овес	16,13	16,13	14,73	15,13	15,53
Ячмень	9,50	12,57	10,75	11,17	11,00
Среднее	13,87	15,01	13,59	13,61	14,02
НСР <sub>05</sub> главных эффектов	А			0,96	
	В			0,13	
НСР <sub>05</sub> частных различий	А			1,92	
	В			0,28	

Table 3  
The protein content in barley grain, depending on the previous crop and mineral nutrition backgrounds,  
average for 2021–2023, %

Previous crop (A)	Background of mineral nutrition (B)				Average
	0	N <sub>60</sub>	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	
Clover of the second year of use (control)	15.62	15.62	13.75	14.37	14.84
Clover of the first year of use	14.37	15.10	14.38	13.70	14.39
Spring wheat	13.75	15.63	14.34	13.70	14.36
Vetch + oat	16.13	16.13	14.73	15.13	15.53
Barley	9.50	12.57	10.75	11.17	11.00
Average	13.87	15.01	13.59	13.61	14.02
LSD <sub>05</sub> the main effects	A			0.96	
	B			0.13	
LSD <sub>05</sub> particular differences	A			1.92	
	B			0.28	

Белковость зерна ячменя в среднем по предшественникам составила 11,00–15,53 %. Вико-овсяная смесь как предшественник дает наибольшую из всех других предшествующих ячменю культур несущественную прибавку белка в зерне. Ячмень как предшествующая культура существенно снижает содержание белка, особенно низок белок в варианте без внесения минерального питания (9,5 %). Фоны минерального питания оказывают различное влияние на показатель содержания белка в зерне, вариант с внесением только азота дает существенную прибавку к содержанию белка в зерне ячменя, комплексные удобрения не оказали существенного влияния на содержания белка в зерне. В целом варьирование содержания белка в зерне ячменя доказывает возможность возделывания ячменя в почвенно-климатических условиях Пермского края не только на кормовые цели, но и на продовольственные, т. к. показатель содержания белка в зерне ячменя регламентируется ГОСТом и в зависимости от

величины данного показателя определяется целевое назначение полученной продукции.

Посевные качества семян играют ключевую роль в успешном сельскохозяйственном производстве по нескольким причинам: качественные семена обеспечивают дружные всходы, высокую урожайность, семена с хорошими посевными качествами лучше выдерживают стрессовые условия, такие как засуха или засоление почвы, что помогает уменьшить риск потерь урожая из-за неблагоприятных условий, экономятся ресурсы, такие как время, труд и удобрения, а высокая всхожесть семян означает меньшее их количество, необходимое для посева.

Более того, наблюдение за посевными качествами семян позволяет отслеживать динамику и изменения в качестве семенного материала, что важно для постоянного улучшения и совершенствования производственных процессов и методов выращивания сельскохозяйственных культур.

Таблица 4  
Влияние предшественника и фона питания на посевные качества семян ячменя, среднее за 2021–2023

Предшественник (А)	Фон минерального питания (В)	Жизнеспособность, %	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Масса 1000 семян, г
Клевер 2 г. п. (контроль)	0	94	87	93	50,8
	N <sub>60</sub>	93	88	93	49,6
	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	94	87	92	49,8
	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	95	87	94	51,2
Среднее по A <sub>1</sub>		94	87	93	49,7
Клевер 1 г. п.	0	95	86	91	49,8
	N <sub>60</sub>	94	86	94	45,6
	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	94	87	92	48,8
	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	94	88	93	49,7
Среднее по A <sub>2</sub>		94	87	93	48,5
Яровая пшеница	0	93	86	93	33,2
	N <sub>60</sub>	93	86	93	41,6
	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	93	86	93	40,3
	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	94	88	94	45,2
Среднее по A <sub>3</sub>		93	87	93	40,0
Вико-овёс	0	96	88	95	35,2
	N <sub>60</sub>	97	88	96	48,9
	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	95	88	93	47,0
	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	97	88	95	51,0
Среднее по A <sub>4</sub>		96	88	95	45,5
Ячмень	0	91	84	91	30,9
	N <sub>60</sub>	92	84	91	33,2
	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	92	83	92	32,4
	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	93	86	92	31,5
Среднее по A <sub>5</sub>		92	84	92	32,0
НСР <sub>05</sub> главных эффектов	А	0,4	1,2	0,5	0,87
	В	0,4	0,9	0,4	0,33
НСР <sub>05</sub> частных различий	А	0,7	2,5	1,1	1,74
	В	1,0	2,0	1,0	0,75

Table 4

The influence of the previous crop and the background of nutrition on the sowing qualities of barley seeds, average for 2021–2023

Previous crop (A)	Background of mineral nutrition (B)	Vitality, %	Germination readiness, %	Laboratory germination, %	Weight of 1000 seeds, g
Clover of the second year of use (control)	0	94	87	93	50.8
	$N_{60}$	93	88	93	49.6
	$P_{30}K_{60}$	94	87	92	49.8
	$N_{60}P_{30}K_{60}$	95	87	94	51.2
Average for $A_1$		94	87	93	49,7
Clover of the first year of use	0	95	86	91	49.8
	$N_{60}$	94	86	94	45.6
	$P_{30}K_{60}$	94	87	92	48.8
	$N_{60}P_{30}K_{60}$	94	88	93	49.7
Average for $A_2$		94	87	93	48,5
Spring wheat	0	93	86	94	33.2
	$N_{60}$	93	86	94	41.6
	$P_{30}K_{60}$	93	86	94	40.3
	$N_{60}P_{30}K_{60}$	94	88	94	45.2
Average for $A_3$		93	87	93	40,0
Vetch + oat	0	96	88	95	35.2
	$N_{60}$	97	88	96	48.9
	$P_{30}K_{60}$	95	88	93	47.0
	$N_{60}P_{30}K_{60}$	97	88	95	51.0
Average for $A_4$		96	88	95	45,5
Barley	0	91	84	91	30.9
	$N_{60}$	92	84	91	33.2
	$P_{30}K_{60}$	92	83	92	32.4
	$N_{60}P_{30}K_{60}$	93	86	92	31.5
Average for $A_5$		92	84	92	32,0
LSD <sub>05</sub> the main effects	A	0,4	1,2	0,5	0.87
	B	0,4	0,9	0,4	0.33
LSD <sub>05</sub> particular differences	A	0,7	2,5	1,1	1.74
	B	1,0	2,0	1,0	0.75

В целом характеристики посевных качеств семян представляют собой ключевой аспект успешного сельскохозяйственного производства, оказывающий влияние на эффективность производства и качество конечной сельскохозяйственной продукции.

Посевные качества семян представлены в таблице 4.

Изучение лабораторной всхожести семян выявило, что все образцы ярового ячменя соответствуют ГОСТ 52325-2005, определен наилучший показатель всхожести по предшественнику - вико-овсяная смесь (95 %), средние показатели по предшественникам яровая пшеница и клевер 1 г. п. и 2 г. п. (93 %) и худший показатель по предшественнику ячмень (92 %).

Структура урожая раскрывает, за счет каких элементов складывается его величина. На формирование массы 1000 зерен ярового ячменя как одного из ключевых показателей структуры урожая факторы,

изучаемые в опыте, оказали существенное достоверное влияние (таблица 4).

В среднем за годы исследований число продуктивных растений по разным предшественникам и дозам удобрений менялось от 62 до 304 шт/м<sup>2</sup>. Продуктивная кустистость варьировалась от 1,23 до 2,15. В вариантах с  $N_{60}$  этот показатель был наиболее высоким – 1,35–2,15.

Стоит отметить значительное влияние как предшественника, так и фона минерального питания на массу 1000 зерен. Различия в средних значениях массы зерен как по предшественникам, так и по фонам подтверждаются высокими значениями НСР<sub>05</sub> для главных эффектов.

Ячмень как предшественник выделяется на фоне остальных, демонстрируя наименьшую среднюю массу зерен (32,0 г), что подтверждает его отрицательное влияние на формирование урожайности ячменя.

Таблица 5  
Урожайность ярового ячменя в зависимости от предшественника и фонов минерального питания, т/га, среднее за 2021–2023 гг.

Предшественник (А)	Фон минерального питания (В)				Среднее
	0	N <sub>60</sub>	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	
Клевер 2 г. п. (контроль)	1,64	1,77	1,87	1,89	1,79
Клевер 1 г. п.	1,06	1,25	1,30	1,29	1,23
Яровая пшеница	1,52	1,64	1,72	1,66	1,64
Вика + овес	3,40	3,17	3,69	3,77	3,51
Ячмень	1,11	1,43	0,90	1,71	1,29
Среднее	1,75	1,85	1,90	2,06	1,89
НСР <sub>05</sub> главных эффектов	А		1,01		
	В		0,25		
НСР <sub>05</sub> частных различий	А		2,01		
	В		0,50		

Table 5  
Yield of spring barley depending on the previous crop and mineral nutrition backgrounds, t/ha, average for 2021–2023

Previous crop (A)	Background of mineral nutrition (B)				Average
	0	N <sub>60</sub>	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	
Clover of the second year of use (control)	1.64	1.77	1.87	1.89	1.79
Clover of the first year of use	1.06	1.25	1.30	1.29	1.23
Spring wheat	1.52	1.64	1.72	1.66	1.64
Vetch + oat	3.40	3.17	3.69	3.77	3.51
Barley	1.11	1.43	0.90	1.71	1.29
Average	1.75	1.85	1.90	2.06	1.89
LSD <sub>05</sub> the main effects	A		1.01		
	B		0.25		
LSD <sub>05</sub> particular differences	A		2.01		
	B		0.50		

Фон N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> выделяется на фоне других фонов, обеспечивая наибольшую среднюю массу зерен (45,7 г).

По количеству зерен в колосе наиболее продуктивными оказались все варианты по предшественнику вико-овсяная смесь и фонам питания, число зерен составило 24–26 шт. Меньше всего зерен в колосе при возделывании ячменя по ячменной – 9–14 шт. Клевер и яровая пшеница как предшественники примерно одинаково влияют на формирование количества зерен – 12–18 шт.

Эффективность применяемых приёмов возделывания определяется величиной урожайности культуры, отражающей уровень интенсификации сельскохозяйственного производства. Урожайность ячменя изменялась от 1,06 до 3,77 т/га (таблица 5).

Сравнительная оценка продуктивности ячменя по предшественникам позволяет отметить, что варьирование величины урожайности зависит от предшественника. Улучшение питания растений не зависимо от создаваемого фона питания не привело к значительному увеличению урожайности ячменя.

Наилучшие результаты наблюдаются при использовании вико-овсяной смеси в качестве пред-

шественника ячменя, при этом урожайность существенно увеличивается до интервала от 3,17 до 3,77 т/га в зависимости от фона минерального питания.

Возделывание ячменя после клевера приводит к существенному снижению урожайности ячменя (1,06–1,25 т/га), дополнительное внесение N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> несущественно увеличивает урожайность до 1,29 т/га, что объясняется меньшим накоплением продуктивной влаги в почве.

Таким образом, выбор предшественника и фона минерального питания играет ключевую роль в оптимизации урожайности ячменя. Наилучшие результаты достигаются при использовании вико-овсяной смеси в качестве предшественника. Вико-овсяная смесь не только обеспечивает высокую урожайность, но и улучшает показатели плодородия почвы благодаря своей способности к азотфиксации и улучшению ее структуры, что приводит к более качественному и эффективному производству ячменя. Кроме того, использование вико-овсяной смеси способствует сдерживанию роста сорняков и поддерживает биологическое разнообразие почвы. Правильный выбор предшественника, такого как

вико-овсяная смесь, в сочетании с оптимальным фоном минерального питания значительно повышает уровень урожайности – до 3,51 т/га при средней урожайности по региону 2,1 т/га – и эффективность производства ячменя, что является важным аспектом в сельском хозяйстве.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе представленного исследования было выявлено существенное влияние предшественника и фона минерального питания на урожайность ярового ячменя. Результаты указывают на значительные различия в урожайности в зависимости от предшественника, причем вико-овсяная смесь демонстрирует наилучшие показатели. В среднем за исследуемый период урожайность при использовании вико-овсяной смеси как предшественника составила от 3,17 до 3,77 т/га, в то время как использование клевера приводило к значениям, не превышающим 1,29 т/га.

Анализ данных массы 1000 зерен ярового ячменя достоверно подтверждает влияние предшественника и фона минерального питания на данный показатель. Наилучшие результаты наблюдались при использовании вико-овсяной смеси, что под-

черкивает важность правильного выбора предшественника для обеспечения оптимальных посевных качеств семян.

Важно отметить, что средние значения содержания белка в зерне ячменя также различались в зависимости от предшественника и фона минерального питания. Наибольшие значения белка наблюдались при использовании вико-овсяной смеси, что может быть связано с ее влиянием на обогащение почвы питательными элементами.

Таким образом, сравнительная оценка урожайности ячменя по предшественникам позволяет отметить, что преимущество размещения культуры при научно обоснованном чередовании сохраняется. Выбор предшественника и фона минерального питания при планировании сельскохозяйственных культурных ротаций должны учитывать факторы, оказывающие значительное влияние на урожайность и качество ячменя, что, в свою очередь, может повлиять на эффективность сельскохозяйственного производства. Дальнейшие исследования могут быть направлены на определение оптимальных комбинаций предшественников и фонов минерального питания для максимизации урожайности ячменя.

#### Библиографический список

1. Фомин Д. С., Яркова Н. Н., Полякова С. С. Урожайность ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий в условиях Среднего Предуралья // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022. № 6. С. 852–859. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.852-859.
2. 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. С. 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36.
3. Shalaeva L. V. Barley production and consumption trends in the Russian Federation // *Food Policy and Security*. 2023. No. 4. Pp. 719–734. DOI: 10.18334/ppib.10.4.117196.
4. Борисов Б. Б., Исламова Ч. М., Фатыхов И. Ш., Мазунина Н. И. Экологическая пластичность и адаптивность сортов ярового ячменя в абиотических условиях Среднего Предуралья // *Пермский аграрный вестник*. 2020. № 2. С. 31–38. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10031.
5. Фомин Д. С., Фомин Д. С., Пикулева Г. И. Геоинформационные системы в агроэкологической оценке земель для проектирования адаптивно-ландшафтной системы обработки почвы в Предуралье // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2023. № 1. С. 57–63.
6. Новичихин А. М., Чайкин В. В. Урожайность сортов ярового ячменя при различных уровнях минерального питания в сочетании со стимуляторами роста // *Агрохимический вестник*. 2022. № 3. С. 10–16.
7. Marini L., St-Martin A., Vico G., Baldoni G., Berti A., Blecharczyk A., Maleka-Jankowiak I., Morari F., Sawinska Z., Bommarco R. Crop rotations sustain cereal yields under a changing climate // *Environmental Research Letters*. 2020. No. 12. Pp. 124011–124019.
8. Woźniak A. Effect of various systems of tillage on winter barley yield, weed infestation and soil properties // *Applied Ecology & Environmental Research*. 2020. No. 2. Pp. 3483–3496. DOI: 10.1088/1748-9326/abc651.
9. Cammarano D., Holland J., Ronga D. Spatial and temporal variability of spring barley yield and quality quantified by crop simulation model // *Agronomy*. 2020. No. 3. Pp. 393–405. DOI: 10.3390/agronomy10030393.
10. Когут Б. М., Семенов В. М., Артемьев З. С., Данченко Н. И. Дегумусирование и почвенная секвестрация углерода // *Агрохимия*. 2021. № 5. С. 3–13. DOI: 10.31857/S0002188121050070.
11. Sanina N. V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems // *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences. 2020. Vol. 27. Article number 00049. DOI: 10.1051/bioconf/20202700049.
12. Belkina R. I., Pershakov A. Y., Gubanova V. M. The yield and grain quality of barley varieties in the northern forest steppe of the Tyumen region // *Plant Science Today*. 2021. No. 2. Pp. 229–235. DOI: 10.14719/pst.2021.8.2.943.

13. Седяков М. В. Влияние агротехнологических приемов на хозяйственно-ценные признаки новой перспективной линии ярового ячменя Л-1800 // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 1. С. 59–67. DOI: 10.24412/2078-1318-2021-1-59-67.

14. Bakaeva N. P., Chugunova O. A., Saltukova O. L., Prikazchikov M. S. Components of the biotope soil and yield of barley // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. Article number 042062. DOI 10.1088/1755-1315/548/4/042062.

15. Finch-Savage W. E. Influence of seed quality on crop establishment, growth, and yield // Seed quality. 2020. Pp. 361–384. DOI: 10.4324/9781003075226-11.

16. Afzal I., Javed T., Amirkhani M., Taylor A. G.. Modern seed technology: Seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance // Agriculture. 2020. No. 11. Pp. 526–546. DOI: 10.3390/agriculture10110526.

#### Об авторах:

**София Сергеевна Полякова**, младший научный сотрудник, Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия; аспирант, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия; ORCID 0000-0001-8639-4060, AuthorID 1087907. *E-mail: ss.polyakova@yandex.ru*

**Денис Станиславович Фомин**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией прецизионных технологий в сельском хозяйстве, Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия; ORCID 0000-0001-8261-7191, AuthorID 695406. *E-mail: akvilonag@mail.ru*

**Надежда Николаевна Яркова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агробиотехнологий, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия; ORCID 0000-0003-3178-6600, AuthorID 680686. *E-mail: nadezhda.yarkova@yandex.ru*

**Дмитрий Станиславович Фомин**, научный сотрудник, Ф Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия; ORCID 0000-0003-0718-7632, AuthorID 1070705. *E-mail: prm.fomin.d@gmail.com*

#### References

1. Fomin D. S., Yarkova N. N., Polyakova S. S. Yield of spring barley depending on the hydrothermal conditions of vegetation in the conditions of the Middle Trans-Urals. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23 (6): 852–859. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.6.852-859. (In Russ.)

2. Smurov S. I., Naumkin V. N., Ermolaev S. N. Yield and quality of spring barley grain in dependence on various predecessors and backgrounds of mineral nutrition. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020; 2 (83): 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36. (In Russ.)

3. Shalaeva L. V. Barley production and consumption trends in the Russian Federation. *Food Policy and Security*. 2023; 4: 719–734. DOI: 10.18334/ppib.10.4.117196. (In Russ.)

4. Borisov B. B., Islamova Ch. M., Fatykhov I. Sh., Mazunina N. I. Ecological plasticity and adaptability of spring barley varieties in abiotic conditions of the Middle Urals. *Perm Agrarian Journal*. 2020; 2 (30): 31–38. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10031. (In Russ.)

5. Fomin D. S., Fomin Dm. S., Pikuleva G. I. Geoinformation systems in agroecological assessment of land for designing adaptive-landscape soil treatment in the Ural region. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023; 1 (72): 57–63. (In Russ.)

6. Novichikhin A. M., Chaykin V. V. The yield of spring varieties at different levels of mineral nutrition in combination with growth stimulants. *Agrochemical Herald*. 2022; 3: 10–16. (In Russ.)

7. Marini L., St-Martin A., Vico G., Baldoni G., Berti A., Blecharczyk A., Maleka-Jankowiak I., Morari F., Sawinska Z., Bommarco R. Crop rotations sustain cereal yields under a changing climate. *Environmental Research Letters*. 2020; 12: 124011–124019.

8. Woźniak A. Effect of various systems of tillage on winter barley yield, weed infestation and soil properties. *Applied Ecology & Environmental Research*. 2020; 2: 3483–3496. DOI: 10.1088/1748-9326/abc651.

9. Cammarano D., Holland J., Ronga D. Spatial and temporal variability of spring barley yield and quality quantified by crop simulation model. *Agronomy*. 2020; 3: 393–405. DOI: 10.3390/agronomy10030393.

10. Kogut B. M., Semenov V. M., Artemyeva Z. S., Danchenko N. N. Dehumification and soil carbon sequestration. *Agrochemistry*. 2021; 5: 3–13. DOI: 10.31857/S0002188121050070. (In Russ.)

11. Sanina N. V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems. *BIO Web of Conferences. EDP Sciences*. 2020; 27: Article number 00049. DOI: 10.1051/bioconf/20202700049.

12. Belkina R. I., Pershakov A. Y., Gubanova V. M. The yield and grain quality of barley varieties in the northern forest steppe of the Tyumen region. *Plant Science Today*. 2021; 2: 229–235. DOI: 10.14719/pst.2021.8.2.943.

13. Sedyakov M. V. Influence of agrotechnological techniques on economically valuable features of a new promising line of spring barley L-1800. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2021; 1 (62): 59–67. DOI: 10.24412/2078-1318-2021-1-59-67. (In Russ.)

14. Bakaeva N. P., Chugunova O. A., Saltukova O. L., Prikazchikov M. S. Components of the biotope soil and yield of barley. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548: 042062. DOI: 10.1088/1755-1315/548/4/042062.

15. Finch-Savage W. E. Influence of seed quality on crop establishment, growth, and yield. *Seed quality*. 2020; 361–384. DOI: 10.4324/9781003075226-11.

16. Afzal I., Javed T., Amirkhani M., Taylor A. G. Modern seed technology: Seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. *Agriculture*. 2020; 11: 526–546. DOI: 10.3390/agriculture10110526.

#### **Authors' information:**

**Sofiya S. Polyakova**, junior researcher, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia; postgraduate, Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia; ORCID 0000-0001-8639-4060, AuthorID 1087907.

*E-mail: ss.polyakova@yandex.ru*

**Denis S. Fomin**, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of precision technologies in agriculture, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia;

ORCID 0000-0001-8261-7191, AuthorID 695406. *E-mail: akvilonag@mail.ru*

**Nadezhda N. Yarkova**, candidate of agricultural sciences, associate professor, Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia; ORCID 0000-0003-3178-6600,

AuthorID 680686. *E-mail: nadezhda.yarkova@yandex.ru*

**Dmitriy S. Fomin**, researcher, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy

of Sciences, Perm, Russia; ORCID 0000-0003-0718-7632, AuthorID 1070705. *E-mail: prm.fomin.d@gmail.com*