

Влияние доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в растениях озимой пшеницы, формирование урожая и экономическую эффективность производства

А. Н. Есаулко, В. Н. Ситников, А. Ю. Ожередова[✉],
С. А. Коростылев, О. А. Шевченко

Ставропольский государственный аграрный университет
355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12

Аннотация. Необходимость повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы делает оптимизацию азотных подкормок важным агротехническим приемом. Однако выбор дозы азота требует обоснования, поскольку различные уровни азотного питания по-разному влияют на аккумуляцию макро- и микроэлементов в растениях, формирование урожая и экономическую эффективность производства. Цель исследования – установить влияние доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в вегетативной массе растений озимой пшеницы в разные этапы органогенеза и на формирование максимальной продуктивности.

Материалы и методы исследования. Однофакторный опыт (фактор А – азотная подкормка) закладывался в 2023–2025 годах на учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ. Все исследования проводились по общепринятым методикам.

Результаты исследования. Применение азотных подкормок в дозах от 51 до 87 кг/га д.в. на агрофоне достоверно увеличивало содержание N в растениях озимой пшеницы по сравнению с контролем на 0,29–0,42 %. Содержание P, K, Cu и Zn под действием азотных подкормок существенно не изменялось. Максимальная урожайность получена на варианте с дозой N87, однако разница с вариантом N70 незначительна (+0,12 т/га). Наиболее высокая экономическая эффективность достигнута при внесении N70 на фоне N13P60: прибыль составила 37 020 руб./га, уровень рентабельности – 70,0 %. Дальнейшее увеличение дозы до N87 экономически нецелесообразно из-за снижения рентабельности до 68,5 % и незначительной прибавки урожая.

Заключение. Для зоны места ведения исследований на изучаемом агрофоне можно рекомендовать применение азотной подкормки в дозе N70, позволяющей получить зерно III класса.

Ключевые слова: озимая пшеница, растения, дозы, азотные подкормки, макроэлементы, микроэлементы, урожайность, экономическая эффективность производства

Поступила 27.04.2026, одобрена после рецензирования 20.05.2026, принята к публикации 07.08.2026

Для цитирования. Есаулко А. Н., Ситников В. Н., Ожередова А. Ю., Коростылев С. А., Шевченко О. А. Влияние доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в растениях озимой пшеницы, формирование урожая и экономическую эффективность производства // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 4. С. 87–96. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-87-96

Influence of nitrogen fertilization rates on the accumulation of macro- and microelements in winter wheat plants, crop formation, and economic efficiency of production

A.N. Esaulko, V.N. Sitnikov, A.Yu. Ozheredova✉,
S.A. Korostylev, O.A. Shevchenko

Stavropol State Agrarian University
12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia

Abstract. The need to increase the yield and grain quality of winter wheat makes the optimization of nitrogen fertilization an important agrotechnical practice. However, the selection of the nitrogen rate requires justification, as different levels of nitrogen nutrition varying affect the accumulation of macro- and microelements in plants, crop formation, and the economic efficiency of production. The aim of the research is to determine the effect of nitrogen top-dressing rates on the accumulation of macro- and microelements in the vegetative mass of winter wheat plants at different stages of organogenesis and on the formation of maximum productivity.

Materials and methods. A single-factor experiment (Factor A – nitrogen top-dressing) was carried out in 2023–2025 at the Educational and Experimental Station of Stavropol State Agrarian University. All investigations were performed according to generally accepted methods.

Research results. The application of nitrogen top-dressing at rates ranging from 51 to 87 kg a.i./ha significantly increased the N content in winter wheat plants by 0.29–0.42% compared to the control. The contents of P, K, Cu, and Zn did not change significantly under the influence of nitrogen top-dressings. The maximum yield was obtained in the variant with a dose of N87; however, the difference from the N70 variant was insignificant (+0.12 t/ha). The highest economic efficiency was achieved with the application of N70 against the background of N13P60: the profit amounted to 37,020 rubles/ha, and the profitability level reached 70.0%. A further increase in the nitrogen rate to N87 is economically impractical due to a decrease in profitability to 68.5% and an insignificant yield increase.

Conclusion. For the study area and under the investigated fertilization background, it is recommended to apply nitrogen top-dressing at a rate of N70, which allows for obtaining Grade III grain.

Keywords: winter wheat, plants, doses, nitrogen fertilizers, macronutrients, micronutrients, yield, economic efficiency of production

Submitted 27.04.2026,

approved after reviewing 20.05.2026,

accepted for publication 07.08.2026

For citation. Esaulko A.N., Sitnikov V.N., Ozheredova A.Yu., Korostylev S.A., Shevchenko O.A. Influence of nitrogen fertilization rates on the accumulation of macro- and microelements in winter wheat plants, crop formation, and economic efficiency of production. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 4. Pp. 87–96. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-4-87-96



ВВЕДЕНИЕ

Традиционно озимая пшеница занимает доминирующее положение в структуре зернового клина Ставропольского края. В 2025 году культура возделывалась в регионе на площади 2,1 млн га, при этом валовой сбор зерна достиг 8,2 млн т, а средняя урожайность составила 4,42 т/га¹.

Увеличение производства озимой пшеницы, повышение качества зерна и обеспечение стабильности валовых сборов являются значимыми факторами экономической независимости государства. В условиях санкционного давления особую актуальность приобретает совершенствование агротехнологий, что определяет вектор современных научных исследований. В рамках данного направления учеными изучаются различные аспекты технологических приемов возделывания озимой пшеницы, а также разрабатываются и адаптируются агротехнические решения применительно к разнообразным почвенно-климатическим условиям [1, 2, 4, 7].

Формирование высокого уровня урожайности озимой пшеницы невозможно без научно обоснованной системы удобрения, включающей как NPK, так и микроэлементы. В наших исследованиях мы решили сконцентрировать внимание на азоте, так как среди всех макроэлементов он играет ключевую роль, поскольку входит в состав белков, хлорофилла, нуклеиновых кислот и ферментов, определяя интенсивность фотосинтеза, рост вегетативной массы и, в конечном итоге, продуктивность колоса [3, 6]. Культура испытывает в нем критически важную потребность в период ранневесеннего возобновления вегетации, в связи с чем подкормку в этот период проводят, чтобы усилить побегообразование растений, так как в фазу кущения закладывается определенное число члеников колоса [5, 9, 10].

На наш взгляд, агрономическая оценка азотных подкормок не должна ограничиваться только прибавкой урожая и получением определенной прибыли при ее производстве. Не менее важно установить, как меняется обеспеченность растений макро- и микроэлементами по фазам вегетации, чтобы была возможность скорректировать питание. Ведь именно комплексная оценка позволяет объективно судить о рациональности системы питания и ее производственной целесообразности [8].

Исходя из чего **цель исследований** заключалась в установлении влияния доз азотных подкормок на аккумуляцию макро- и микроэлементов в вегетативной массе растений озимой пшеницы в разные этапы органогенеза, на максимальную реализацию потенциала продуктивности и наивысшую экономическую эффективность производства в условиях неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыт закладывался на учебно-опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета в 2023–2026 годах, материалы в статье представлены за 2023–2025 годы, в 2026 году проводится сбор экспериментальных данных.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый – имела следующую агрохимическую характеристику в слое 0...20 см: pH (определена потенциометрическим методом в водной суспензии) – 6,4–6,9 ед. (нейтральная); содержание органического вещества (диагностировано по методу Тюрина) – 4,3–5,2% (среднее); N-NO₃ (установлен ионометрическим методом) – 16–30 мг/кг почвы (среднее, высокое); подвижных форм фосфора и калия (выявленных по методу Мачигина) – 24–34 мг/кг (среднее, повышенное) и 228–254 мг/кг (среднее).

Объект исследований – озимая пшеница сорта Алексеич. Предмет исследований – азотные подкормки. Контроль – вариант, на котором минеральные удобрения не применялись (есте-

¹<https://atvmedia.ru/news/social/70297> (дата обращения: 23.04.2026 г.)

<https://www.zol.ru/n/404d6> (дата обращения: 23.04.2026 г.)

ственный агрохимический фон). Фон $N_{13}P_{60}$ с внесением аммофоса 108 кг/га при посеве озимой пшеницы. Все дозы азотных удобрений применялись в фазу весеннего кущения на вариантах: N_{35} – 100 кг/га аммиачной селитры, N_{51} – 150 кг/га, N_{70} – 200 кг/га, N_{87} – 250 кг/га.

Опыт однофакторный (фактор А – азотная подкормка) заложен в производственных условиях, повторность опыта 3-кратная, ширина деланки – 28 м, длина деланки – 72 м, общая площадь деланки – 2016 м². Предшественник – озимая пшеница.

Определение содержания макро- и микроэлементов в растениях осуществляли: N – титриметрическим методом по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-2019); P – фотометрическим методом (ГОСТ 26657-97); K – пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 30504-97); Zn и Cu – атомно-абсорбционным методом (ГОСТ 30692-2000). Урожайность устанавливалась по методике Госсортоиспытания 2019 года, расчет экономической эффективности изучаемых приемов – по технологическим картам с использованием действующих нормативных затрат и цен.

Для озимой пшеницы лучшим по погодным условиям оказался 2024–2025 сельскохозяйственный год, в котором сумма осадков составила 496,8 мм (больше, чем в 2023–2024 гг., на 36,3 мм), а средняя температура –11,0°C (ниже, чем в 2023–2024 гг., на 1,5°C). При этом оба года исследований по сравнению со среднемноголетними показателями характеризовались снижением количества выпавших осадков (2023–2024 гг. – на 90,5 мм, 2024–2025 гг. – на 54,2 мм) и увеличением среднемноголетних температур (2023–2024 гг. – на 3,3°C, 2024–2025 гг. – на 1,8°C).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение фона и различных доз азотных подкормок повышало в растениях озимой пшеницы количество азота, достоверное увеличение по сравнению с естественным агрохимическим фоном обеспечивали варианты Фон + N_{51} , Фон + N_{70} , Фон + N_{87} с разницей в + 0,29, 0,34, 0,42 %.

Таблица 1. Динамика содержания азота в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 1. Dynamics of nitrogen content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,19
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	4,22	3,57	2,63	2,16	3,15
2	Фон $N_{13}P_{60}$	4,28	3,59	2,71	2,23	3,20
3	Фон + N_{35}	4,41	3,70	2,79	2,32	3,31
4	Фон + N_{51}	4,53	3,83	2,86	2,54	3,44
5	Фон + N_{70}	4,63	3,86	2,91	2,56	3,49
6	Фон + N_{87}	4,69	3,92	2,99	2,69	3,57
В, НСР ₀₅ = 0,23		4,46	3,75	2,82	2,42	НСР ₀₅ = 0,33

В данном случае с увеличением доз подкормок возрастала концентрация азота в почвенном растворе, растение интенсивно поглощало этот элемент и накапливало в вегетативной массе. Начиная от фазы конец кущения к полной спелости количество азота существенно снижалось во все три межфазных периода на 0,71, 0,93, 0,40 % с достижением минимального значения к фазе полной спелости – «эффект разбавления» (табл. 1).

На всех изучаемых вариантах опыта как с применением только фона $N_{13}P_{60}$, так и при внесении азотных подкормок на агрофоне по сравнению с контролем отмечалось значительное увеличение фосфора в растениях озимой пшеницы на 0,06–0,09 % соответственно

варианту. Разница между фоном и фоном с подкормками была недостоверной, что говорило об отсутствии воздействия азотных удобрений на накопление элемента в вегетативной массе. От конца кущения озимой пшеницы к полной спелости наблюдалось существенное снижение концентрации в растениях от 1,09 до 1,57 %. Такая динамика перераспределения элемента в ходе онтогенеза отражала эффект биологического разбавления по мере роста биомассы (табл. 2).

Таблица 2. Динамика содержания фосфора в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 2. Dynamics of phosphorus content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,04
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	1,93	0,86	0,62	0,40	0,95
2	Фон N ₁₃ P ₆₀	2,01	0,92	0,67	0,44	1,01
3	Фон +N ₃₅	2,01	0,93	0,67	0,44	1,01
4	Фон + N ₅₁	2,00	0,92	0,68	0,44	1,01
5	Фон + N ₇₀	2,06	0,94	0,69	0,46	1,04
6	Фон + N ₈₇	2,02	0,92	0,68	0,45	1,02
В, НСР ₀₅ = 0,64		2,01	0,92	0,67	0,44	НСР ₀₅ = 0,09

С применением азотных подкормок достоверных изменений в количестве калия в растениях озимой пшеницы по сравнению с контролем не отмечалось: так, разница на варианте с использованием фона N₁₃P₆₀ составляла +0,01%, с внесением на фоне подкормок N₃₅, N₅₁, N₇₀, N₈₇ – +0,03, 0,02, 0,05, 0,03%. По фазам развития наблюдалась такая же динамика, как и по другим двум макроэлементам со значительным убыванием к фазе полной спелости на 0,66–2,82 % (табл. 3).

Таблица 3. Динамика содержания калия в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 3. Dynamics of potassium content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,16
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	4,36	3,69	2,39	1,54	3,00
2	Фон N ₁₃ P ₆₀	4,38	3,70	2,41	1,56	3,01
3	Фон +N ₃₅	4,40	3,72	2,42	1,57	3,03
4	Фон + N ₅₁	4,38	3,72	2,41	1,56	3,02
5	Фон + N ₇₀	4,41	3,74	2,47	1,56	3,05
6	Фон + N ₈₇	4,40	3,72	2,45	1,54	3,03
В, НСР ₀₅ = 0,22		4,38	3,72	2,43	1,56	НСР ₀₅ = 0,30

Существенных изменений по количеству меди в растениях в связи с применением азотных подкормок отмечено не было, оно возрастало по сравнению с контролем на 0,06–0,07 %. Содержание меди в вегетативной массе озимой пшеницы неуклонно снижалось от фазы конца кущения к фазе полной спелости на 0,38–2,04 % (табл. 4).

Таблица 4. Динамика содержания меди в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 4. Dynamics of copper content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,12
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	2,66	2,27	1,80	0,62	1,84
2	Фон N ₁₃ P ₆₀	2,73	2,34	1,84	0,66	1,89
3	Фон +N ₃₅	2,77	2,36	1,85	0,67	1,91
4	Фон + N ₅₁	2,75	2,38	1,85	0,67	1,91
5	Фон + N ₇₀	2,75	2,40	1,82	0,66	1,91
6	Фон + N ₈₇	2,72	2,37	1,79	0,73	1,90
В, НСР ₀₅ = 0,14		2,73	2,35	1,83	0,69	НСР ₀₅ = 0,19

На удобренных вариантах количество цинка в растениях увеличивалось по сравнению с контролем на 0,12...0,33 %, но определенной достоверной зависимости не отмечалось. От конца кущения к полной спелости озимой пшеницы происходило снижение показателя, достоверным оно было в периоды выход в трубку – колошение (–1,36 %), колошение – полная спелость (–6,7 %) (табл. 5).

Таблица 5. Динамика содержания цинка в растениях озимой пшеницы в зависимости от применяемых доз азотных подкормок (%), среднее за 2023–2025 гг.

Table 5. Dynamics of zinc content in winter wheat plants depending on nitrogen fertilizer application rates (%), 2023–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Сроки отбора, В				А, НСР ₀₅ = 0,88
		Конец кущения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
1	Контроль	19,02	18,03	16,46	9,86	15,84
2	Фон N ₁₃ P ₆₀	19,11	18,12	16,54	10,05	15,96
3	Фон +N ₃₅	19,13	18,33	16,86	10,36	16,17
4	Фон + N ₅₁	19,07	18,21	17,08	10,14	16,13
5	Фон + N ₇₀	19,07	18,26	17,08	10,22	16,16
6	Фон + N ₈₇	18,96	18,18	16,94	10,17	16,06
В, НСР ₀₅ = 0,88		19,06	18,19	16,83	10,13	НСР ₀₅ = 1,64

На контроле урожайность озимой пшеницы составила 3,91 т/га, применение только фона обеспечивало несущественное повышение продуктивности – на 0,23 т/га, а вот использование всех доз азотных подкормок достоверно увеличивало урожайность культуры от 0,70 до 1,83 т/га. При сравнении возрастающих доз азотных подкормок между собой можно говорить о том, что достоверная разница между вариантами отмечается только с повышением подкормки от 35 до 51 кг/га д.в. азота (на 0,57 т/га) (табл. 6).

Опираясь на полученные данные двухгодичных исследований, была просчитана экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых подкормок. Цена продукции зависела от классности зерна на контроле: с применением только одного фона N₁₃P₆₀ оно было V класса, с внесением на агрофоне подкормки N₃₅ – IV класса, на остальных вариантах опыта – III класса. Все варианты опыта относи-

тельно контрольного повышали денежную выручку от 3 220 до 37 100 рублей с га соответственно, а вот прибыль и уровень рентабельности повышались только на вариантах с различными дозами азотной подкормки от 4 810 до 22 000 рублей с га и от 2,1 до 31,0 %. Было обращено внимание, что повышение азотной подкормки с 70 кг/га д.в. до 87 кг/га д.в. экономически не целесообразно (табл. 7).

Таблица 6. Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы, среднее за 2024–2025 гг.

Table 6. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield, 2024–2025 average.

№	Азотная подкормка, А	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
1.	Контроль	3,91	–
2.	Фон N ₁₃ P ₆₀	4,14	0,23
3.	Фон + N ₃₅	4,61	0,70
4.	Фон + N ₅₁	5,18	1,27
5.	Фон + N ₇₀	5,62	1,71
6.	Фон + N ₈₇	5,74	1,83
НСР ₀₅		0,48	–

Таблица 7. Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от применяемых азотных подкормок

Table 7. Economic efficiency of winter wheat grain production depending on nitrogen fertilizer application rates

Показатели	Варианты опыта					
	Контроль	Фон N ₁₃ P ₆₀	Фон + N ₃₅	Фон + N ₅₁	Фон + N ₇₀	Фон + N ₈₇
Урожайность, т/га	3,91	4,14	4,61	5,18	5,62	5,74
Цена продукции, руб./т	14	14	15	16	16	16
Денежная выручка с 1 га, руб.	54,74	57,96	69,15	82,88	89,92	91,84
Затраты труда на 1 га, чел.-ч.	12,8	13,0	13,2	13,4	13,7	14,0
Затраты труда на 1 т, чел.-ч.	3,27	3,14	2,86	2,59	2,44	2,44
Производственные затраты на 1 га, руб.	39,4	46,4	49,0	50,8	52,9	54,5
Себестоимость 1 т, руб.	10,07	11,21	10,63	9,81	9,41	9,49
Прибыль на 1 га, руб.	15,34	11,56	20,15	32,08	37,02	37,34
Уровень рентабельности, %	39,0	24,9	41,1	63,1	70,0	68,5

Выводы

В ходе проведенных исследований установлено, что применение азотных подкормок N₅₁, N₇₀, N₈₇ на фоне N₁₃P₆₀ достоверно повышало концентрацию азота в вегетативной массе озимой пшеницы по сравнению с контролем (+ 0,29, 0,34, 0,42 %). Максимальное содержание азота (4,69 % в фазу конца кущения) зафиксировано на варианте Фон + N₈₇, что на 0,42 % выше контроля. В онтогенезе от конца кущения к полной спелости отмечено закономерное снижение азота на 1,53–2,00 % («эффект разбавления»), что характерно для интенсивно растущих культур.

Внесение азотных подкормок не оказывало достоверного влияния на накопление фосфора, калия, меди и цинка в растениях по сравнению с вариантом Фон N₁₃P₆₀. Все изучаемые показатели имели тенденцию к снижению от фазы конца кущения к фазе полной спелости (Р – на 1,57 %, К – на 2,28 %, Cu – на 2,04 %, Zn – на 9,20 %), что отражает перераспределение питательных веществ в процессе формирования урожая.

Азотные подкормки достоверно увеличивали урожайность озимой пшеницы. Наибольшая продуктивность (5,74 т/га) получена на варианте Фон + N₈₇, что выше контроля на

1,83 т/га (46,8 %). Достоверная разница между возрастающими дозами отмечена при повышении подкормки с N₃₅ до N₅₁ (прибавка 0,57 т/га). Дальнейшее увеличение дозы с N₇₀ до N₈₇ обеспечило несущественную прибавку (0,12 т/га), что свидетельствует о снижении агрономической эффективности высоких доз азота.

Анализ экономической эффективности изучаемых приемов позволил остановиться на самом рентабельном варианте – Фон + N₇₀, где прибыль составила 37 020 руб./га, уровень рентабельности – 70,0 %. Повышение подкормки до N₈₇ не приводило к значимому росту прибыли, так как увеличивало производственные затраты, что снижало рентабельность по сравнению с вариантом N₇₀ на 1,5 %.

В связи с чем можно сформулировать следующие практические рекомендации. Для производства зерна озимой пшеницы III класса с высокими экономическими показателями в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края на черноземе выщелоченном целесообразно применение азотной подкормки в дозе N₇₀ (200 кг/га аммиачной селитры) на фоне припосевного внесения N₁₃P₆₀. Дальнейшее увеличение дозы до N₈₇ экономически нецелесообразно из-за снижения рентабельности и незначительной прибавки урожая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Есаулко А. Н., Лошаков А. В., Одинцов С. В. и др. Дистанционный мониторинг состояния озимой пшеницы и кукурузы на зерно в учебно-опытном хозяйстве Ставропольского ГАУ Шпаковского муниципального округа Ставропольского края // *International Agricultural Journal*. 2025. Т. 68. № 6. С. 161–172. DOI: 10.55186/25880209_2025_9_6_11
2. Шутко А. П., Глазунова Н. Н., Яновский А. А. и др. Использование беспилотных авиационных технологий для дистанционного зондирования агроценоза озимой пшеницы // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2025. № 4(72). С. 123–128. DOI: 10.35694/YARCX.2025.72.4.019
3. Мельникова О. В., Репникова В. И. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания растений в условиях Юго-Запада Центрального региона России // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 1. С. 13–19.
4. Есаулко А. Н., Ожередова А. Ю., Письменная Е. В., Котова А. С. Мониторинг влияния систем питания озимой пшеницы и кукурузы на урожайность и качество зерна // *Плодородие*. 2025. № 6(147). С. 23–28. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.04
5. Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Устименко Е. А. и др. Мониторинг развития растений озимой пшеницы на черноземе выщелоченном с использованием неинвазивных и традиционных методов определения содержания азота почва - растения // *International Agricultural Journal*. 2024. Т. 67. № 6. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_6_32
6. Путинцев С. А., Антонова О. И. Влияние азотных подкормок на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Скипетр // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2024. № 4(234). С. 5–10. DOI: 10.53083/1996-4277-2024-234-4-5-10
7. Рябцева Н. А. Озимая пшеница в агроценозах Ростовской области // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2022. № 4(16). С. 110–117. DOI: 10.52671/26867591_2022_4_110
8. Степанцова Л. В., Титов В. Д. Влияние карбонатности черноземов на доступность макроэлементов растением озимой пшеницы в условиях модельного опыта // *Наука и Образование*. 2023. Т. 6. № 2.
9. Федорова А. В., Бахвалова С. А., Демьянова-Рой Г. Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Плодородие*. 2022. № 5(128). С. 30–32. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.08
10. Хакимов Р. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при различных сроках и способах подкормки растений // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023. № 3(63). С. 41–50. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-3-41-50

REFERENCES

1. Esaulko A.N., Loshakov A.V., Odintsov S.V. et al. Remote monitoring of the condition of winter wheat and grain corn in the educational and experimental farm of the Stavropol State Agricultural University of the Shpakovsky Municipal District of Stavropol Krai. *International Agricultural Journal*. 2025. Vol. 68. No. 6. Pp. 161–172. DOI: 10.55186/25880209_2025_9_6_11. (In Russian)
2. Shutko A.P., Glazunova N.N., Yanovsky A.A. et al. Use of unmanned aerial technologies for remote sensing of the agrocenosis of winter wheat. *Bulletin of the APK of the Upper Volga Region*. 2025. No. 4(72). Pp. 123–128. DOI: 10.35694/YARCX.2025.72.4.019. (In Russian)
3. Melnikova O.V., Repnikova V.I. Yield and grain quality of winter wheat depending on the level of nitrogen nutrition of plants in the conditions of the South-West of the Central region of Russia. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022. No. 1. Pp. 13–19. (In Russian)
4. Esaulko A.N., Ozheredova A.Yu., Pismennaya E.V., Kotova A.S. Monitoring the influence of winter wheat and corn nutrition systems on the yield and quality of grain. *Fertility*. 2025. No. 6(147). Pp. 23–28. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.04. (In Russian)
5. Sitnikov V.N., Esaulko A.N., Ustimenko E.A. et al. Monitoring the development of winter wheat plants on leached chernozem using non-invasive and traditional methods for determining the soil-plant nitrogen content. *International Agricultural Journal*. 2024. Vol. 67. No. 6. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_6_32. (In Russian)
6. Putintsev S.A., Antonova O.I. Influence of nitrogen fertilization on the yield and grain quality of winter wheat of the Skipetr variety. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2024. No. 4(234). Pp. 5–10. DOI: 10.53083/1996-4277-2024-234-4-5-10. (In Russian)
7. Ryabtseva N.A. Winter wheat in agrocenoses of the Rostov region. *Bulletin of the Dagestan State Agrarian University*. 2022. No. 4(16). Pp. 110–117. DOI: 10.52671/26867591_2022_4_110. (In Russian)
8. Stepanтова L.V., Titov V.D. Influence of carbonate content of chernozems on the availability of macronutrients by winter wheat plants under the conditions of a model experiment. *Science and Education*. 2023. Vol. 6. No. 2. (In Russian)
9. Fedorova A.V., Bakhvalova S.A., Demyanova-Roy G.B. The influence of nitrogen fertilizers on the yield and grain quality of winter wheat. *Fertility*. 2022. No. 5(128). Pp. 30–32. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.08. (In Russian)
10. Khakimov R.A. Yield and grain quality of winter wheat at different times and methods of plant fertilizing. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023. No. 3(63). Pp. 41–50. DOI: 10.18286/1816-4501-2023-3-41-50. (In Russian)

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование выполняется за счет средств соглашения о предоставлении субсидии федеральному бюджетному или автономному учреждению на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 082-03-2026-125 от 30.01.2026 г.

Funding. The study is carried out within the framework of the Agreement on granting a subsidy to a federal budgetary or autonomous institution for the financial support of fulfilling the state assignment for the provision of state services (execution of works) No. 082-03-2026-125 dated January 30, 2026.

Информация об авторах

Есаулко Александр Николаевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, профессор РАН, директор Института агробиологии и природных ресурсов, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

aesaulko@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, SPIN-код: 5497-6339

Ситников Владимир Николаевич, канд. с.-х. наук, доцент, ректор, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

rector@stgau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, SPIN-код: 6029-8733

Ожередова Алена Юрьевна, канд. с.-х. наук, доцент, заведующая кафедрой агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

alena.gurueva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>, SPIN-код: 3968-8440

Коростылев Сергей Александрович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

korostylev16@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-4661>, SPIN-код: 7724-0126

Шевченко Ольга Андреевна, магистр Института агробиологии и природных ресурсов, Ставропольский государственный аграрный университет;

355017, Россия, г. Ставрополь, переулок Зоотехнический, 12;

olga0404a@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2892-1915>

Information about the authors

Aleksandr N. Esaulko, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

aesaulko@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0441-9055>, SPIN-code: 5497-6339

Vladimir N. Sitnikov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Rector of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

rector@stgau.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7557-555X>, SPIN-code: 6029-8733

Alena Yu. Ozheredova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

alena.gurueva@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6038-6409>, SPIN-code: 3968-8440

Sergey A. Korostylev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

korostylev16@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2553-4661>, SPIN-code: 7724-0126

Olga A. Shevchenko, Master Student, Institute of Agrobiology and Natural Resources, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskii lane, Stavropol, 355017, Russia;

olga0404a@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2892-1915>