

УДК 633.11:631.81

Научная статья

 <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2026-28-3-153-164>

 ASRBIV

Динамика содержания азота, фосфора и калия в черноземе обыкновенном и роль минеральных удобрений в повышении урожайности и улучшении качественных показателей зерна озимой пшеницы

А. Ю. Ожередова[✉], В. Н. Ситников, А. Н. Есаулко,
В. А. Бородин, М. Ю. Азарова

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

Аннотация. Интенсификация земледелия делает применение минеральных удобрений неизбежным, но их неконтролируемое использование ведет к дисбалансу питательных веществ, снижению плодородия почвы и экологическим рискам. Поэтому необходим мониторинг динамики основных макроэлементов, определяющих урожайность и качество продукции. В связи с чем проведенные исследования актуальны, а их новизна заключается в том, что впервые на черноземе обыкновенном была проанализирована динамика макроэлементов в зависимости от применяемых норм минеральных удобрений, дана оценка влияния систем питания на урожайность и качество получаемой продукции.

Цель исследования – изучение влияния норм минеральных удобрений на динамику NPK в черноземе выщелоченном, урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Материалы и методы исследования. Опыт двухфакторный: фактор А – норма удобрения (контроль (без удобрений), рекомендованная (N215P65), расчетная на планируемую урожайность 10,5 т/га (N257P135K75)), фактор В – сорт озимой пшеницы (Школа, Цаца) был заложен в 2023–2025 гг. в ООО СХП «Племзавод «Кубань» Кочубеевского МО Ставропольского края. Все исследования проведены по общепринятым методикам.

Результаты исследования. Полученные результаты показали, что применение удобрений достоверно увеличило содержание NO_3 (до 13,4 мг/кг) и P_2O_5 (до 14,1 мг/кг). Расчетная норма (N257P135K75) обеспечила наибольшее накопление K_2O (+20 мг/кг). В динамике от всходов к полной спелости наблюдалось снижение подвижных форм фосфора и калия. Максимальная урожайность (9,87 т/га) и качество зерна (клейковина 24,0 %, белок 18,4 %) получены у сорта Цаца на фоне применения нормы минеральных удобрений N257P135K75.

Заключение. Мониторинг почвы – незаменимый элемент, так как позволяет оценивать текущую ситуацию по обеспечению питанием растений. Расчетная норма удобрений формирует самую высокую урожайность с лучшим качеством. Сорт Цаца наиболее отзывчив на удобрения. В связи с чем для зоны неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном производству можно порекомендовать именно его на фоне внесения нормы минеральных удобрений N257P135K75.

Ключевые слова: озимая пшеница, нормы минеральных удобрений, сорт, нитратный азот, подвижные фосфор и калий, урожайность, качество зерна

Поступила 13.03.2026, одобрена после рецензирования 14.05.2026, принята к публикации 11.06.2026

Для цитирования. Ожередова А. Ю., Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Бородин В. А., Азарова М. Ю. Динамика содержания азота, фосфора и калия в черноземе обыкновенном и роль минеральных удобрений в повышении урожайности и улучшении качественных показателей зерна озимой пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 3. С. 153–164. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-3-153-164

© Ожередова А. Ю., Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Бородин В. А., Азарова М. Ю., 2026



Контент доступен под лицензией [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

NPK in ordinary chernozem and the role of mineral fertilizers in enhancing winter wheat yield and grain quality

A.Yu. Ozheredova[✉], V.N. Sitnikov, A.N. Esaulko,
V.A. Borodin, M.Yu. Azarova

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

Abstract. Agricultural intensification makes mineral fertilizers indispensable, but their uncontrolled use causes nutrient imbalances, reduces soil fertility, and poses environmental risks. Hence, monitoring the dynamics of essential macronutrients regulating crop yield and quality attributes becomes imperative. Consequently, this study offers a novel approach by evaluating macronutrient dynamics in ordinary chernozem under different fertilizer regimes and assessing their subsequent impact on winter wheat yield and quality.

Aim. The aim of this study is to investigate the influence of mineral fertilizer rates on NPK dynamics in ordinary chernozem, as well as on the yield and grain quality of winter wheat.

Materials and methods. The study was arranged as a two-factor experiment: Factor A – fertilization rate (control without fertilizer; recommended (N215P65); calculated for a planned yield of 10.5 t/ha (N257P135K75); Factor B – winter wheat variety ('Shkola', 'Tsatsa'). Factor B comprised the winter wheat cultivars 'Shkola' and 'Tsatsa'. The field trials were carried out between 2023 and 2025 at the Kuban Experimental Breeding Farm, located in the Kochubeevsky District, Stavropol Territory. All analyses were performed using standardized methodologies.

Results. The results showed that fertilizer application significantly increased soil nutrient content, with (NO₃) reaching up to 13.4 mg/kg and (P₂O₅) up to 14.1 mg/kg. The calculated rate (N257P135K75) provided the greatest increment in K₂O concentration (+20 mg/kg). Mobile phosphorus and potassium levels decreased from germination to full maturity. The highest yield (9.87 t/ha) and grain quality (24.0 % gluten, 18.4 % protein) were recorded in the 'Tsatsa' variety fertilized with N257P135K75.

Conclusion. Soil monitoring is indispensable, as it enables an accurate assessment of the current plant nutritional status. The calculated fertilizer rate ensures maximum crop yields and superior grain quality. The 'Tsatsa' variety proved to be the most responsive to fertilizer application. Consequently, it is recommended for agricultural production in unstable moisture zones on leached chernozem against the background of the N257P135K75 fertilization rate.

Keywords: winter wheat, mineral fertilizer rates, variety, nitrate nitrogen, mobile phosphorus, potassium, yield, grain quality

Submitted 13.03.2026,

approved after reviewing 14.05.2026,

accepted for publication 11.06.2026

For citation. Ozheredova A.Yu., Sitnikov V.N., Esaulko A.N., Borodin V.A., Azarova M.Yu. NPK in ordinary chernozem and the role of mineral fertilizers in enhancing winter wheat yield and grain quality. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 3. Pp. 153–164. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-3-153-164

ВВЕДЕНИЕ

Продовольственная безопасность является одним из ключевых приоритетов государственной политики Российской Федерации, что находит отражение в Указе Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Российской Федерации». В данном документе подчеркивается необходимость устойчивого наращивания производства зерновых культур для обеспечения внутренних потребностей страны и укрепления позиций на мировом рынке [7, 9].

Озимая пшеница как одна из наиболее значимых зерновых культур играет центральную роль в достижении этих целей, обладая высоким потенциалом урожайности и качественных характеристик зерна [4].

Мировое производство пшеницы занимает значительную долю в общем объеме зерновых культур. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций (ФАО) и Росстата, общая площадь посевов озимой пшеницы в мире составляет порядка 220–230 млн га, что эквивалентно примерно 15–17 % от всех пахотных земель. Средняя урожайность озимой пшеницы в мире варьируется в пределах 3,5–4,0 т/га, однако в ведущих странах-производителях этот показатель значительно выше. Так, в тройку лидеров по возделыванию озимой пшеницы входят Китай, Индия и Россия. В Китае средняя урожайность достигает 5,5–6,0 т/га, в Индии – 3,0–3,5 т/га, а в России – 3,5–4,0 т/га¹ [13].

Российская Федерация является одним из крупнейших мировых производителей озимой пшеницы. По данным Росстата, в 2025 году посевные площади озимой пшеницы в России составили около 16,4 млн га, это примерно 10 % от общей площади пахотных земель страны и около 8–9 % от мировых посевов озимой пшеницы².

Особое место в производстве озимой пшеницы в России занимает Ставропольский край. Этот регион благодаря благоприятным агроклиматическим условиям и плодородным почвам является одним из ведущих производителей зерна в стране [6].

По данным Росстата, в Ставропольском крае в 2025 году под озимую пшеницу было отведено около 1,8 млн га, что составляет примерно 11 % от всех посевов озимой пшеницы в России и около 1,0 % от мировых посевов. Средняя урожайность озимой пшеницы в Ставропольском крае традиционно превышает среднероссийские показатели, достигая 4,5–7,0 т/га и выше, что обусловлено высокой культурой земледелия и активным применением современных агротехнологий³.

Ключевым фактором, определяющим продуктивность агроценозов, является плодородие почв, в частности, содержание в них основных элементов питания растений – азота, фосфора и калия. Черноземы, занимающие значительные площади в мире, России и Ставропольском крае, по праву считаются одними из самых плодородных почв. В мировом масштабе черноземы распространены на площади около 725 млн га. В России черноземы занимают около 327 млн га, являясь основой для сельскохозяйственного производства. В Ставропольском крае черноземы представлены на площади около 3,5 млн га, что составляет примерно 50 % от общей площади края и около 1,1 % от всех черноземов России [1, 2, 11].

Однако, несмотря на высокое естественное плодородие черноземов, интенсивное земледелие, нерациональное использование почв и недостаток питательных веществ приводят к постепенному снижению их продуктивности. Для поддержания и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также улучшения их качественных показателей необходимо комплексное применение агротехнических приемов, включая внесение минеральных удобрений [3, 5, 10, 12].

¹<https://svoefermerstvo.ru/analytics/top-6-samyh-populyarnyh-selhozkultur-v-rossii> (дата обращения: 01.03.2026 г.)

²https://www.technoexport.ru/products/selskoe-hozyaistvo/?utm_source (дата обращения: 01.03.2026 г.)

³<https://26.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/> (дата обращения: 01.03.2026 г.)

В связи с чем **цель** проводимых исследований заключалась в изучении влияния норм минеральных удобрений на динамику содержания макроэлементов в черноземе обыкновенном, урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы. В **задачи** исследований входило: изучить влияние агрохимикатов на динамику макроэлементов в черноземе обыкновенном; установить влияние норм минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперимент проводился в 2023–2025 гг. в ООО СХП «Племзавод «Кубань» Кочубеевского муниципального округа Ставропольского края в зоне неустойчивого увлажнения (среднеогололетние осадки – 526 мм, среднегодовая температура – 9,4 °С). Погодные условия периода исследований отличались по количеству осадков, в 2023–2024 с.-х. году они были ниже на 131 мм, а в 2024–2025 с.-х. году, наоборот, выше на 12 мм. Температурный режим повышен в оба года закладки эксперимента на 1,8–3,3 °С. Оптимальным для развития озимой пшеницы оказался 2024–2025 с.-х. год.

Почва участка – чернозем обыкновенный (0–20 см) с рН – 7,8 ед. (слабощелочная), содержанием органического вещества – 4,77 % (среднее), нитратного азота – 15,4 мг/кг (среднее), подвижного фосфора – 23,3 мг/кг (среднее), подвижного калия – 287 мг/кг (повышенное).

Объект исследований – сорта озимой пшеницы Школа и Цаца. **Предмет исследований** – нормы минеральных удобрений. **Предшественник** – соя. Опыт двухфакторный: **фактор А** – норма минеральных удобрений, **фактор В** – сорта озимой пшеницы Школа, Цаца. Схема двухфакторного опыта заложена в производственных условиях, повторность опыта 3-кратная, площадь одной делянки: ширина – 25 м, длина – 30 м, общая S делянки – 750 м².

Контроль – без применения удобрений. Рекомендованная норма минеральных удобрений (N₂₁₅P₆₅) предложенная учеными СтГАУ для зоны неустойчивого увлажнения, предусматривает внесение под основную обработку почв аммофоса 80 кг/га (N₁₀P₄₃) и с посевом 45 кг/га аммофоса (N₅P₂₂), три подкормки: первая в фазу кущения 200 кг/га аммиачной селитры (N₆₉), вторая в фазу выхода в трубку 200 кг/га (N₆₉), третья в фазу колошения 195 кг/га КАС (N₆₂). Расчетная норма минеральных удобрений на планируемую урожайность 10,5 т/га (N₂₅₇P₁₃₅K₇₅) рассчитана по методике ученых кафедры агрохимии и физиологии растений [8], предусматривает внесение под основную обработку почвы калия хлористого 125 кг/га (K₇₅) + аммофоса 100 кг/га (N₁₂P₅₂), при посеве аммофоса кг/га 158 кг/га (N₁₉P₈₃), три подкормки: первая в фазу кущения 269 кг/га аммиачной селитры (N₉₃), вторая в фазу выхода в трубку 200 кг/га (N₆₉), третья в фазу колошения 200 кг/га КАС (N₆₄).

Сорта озимой пшеницы Школа и Цаца – это сорта мягкой озимой пшеницы селекции Национального центра зерна им. П. П. Лукьяненко (Краснодар), отличающиеся высокой урожайностью, хорошими хлебопекарными качествами и адаптацией к условиям Центрально-Черноземного и Северо-Кавказского регионов РФ.

Сорт Школа – полукарликовый (высота 75–89 см), среднеранний (вегетационный период 209–307 дней) с массой 1000 семян 37–48 г. Характеризуется высокой устойчивостью к полеганию и осыпанию, морозостойкостью (выше сортов Гром и Безостая 100), засухо- и жаростойкостью. Устойчив к бурой ржавчине и мучнистой росе, умеренно устойчив к септориозу и желтой ржавчине. Потенциал урожайности – до 120 ц/га (максимальная зафиксированная урожайность – 119,8 ц/га). Относится к «сильной» пшенице с отличными

мукомольно-хлебопекарными качествами. Рекомендован для Курской, Липецкой, Орловской, Ростовской областей, Карачаево-Черкесской Республики, Краснодарского края, Ставропольского края и Республики Калмыкия.

Сорт Цаца – короткостебельный (высота 80–100 см), среднеранний сорт с крупным пирамидальным колосом (длина 9–13 см) и крупным красным зерном яйцевидной формы. Отличается устойчивостью к полеганию и осыпанию зерна при перестое на корню, высокой засухоустойчивостью, устойчивостью к бурой и желтой ржавчине, мучнистой росе; среднеустойчив к септориозу, фузариозу колоса и вирусам. Морозостойкость средняя. Потенциал зерновой продуктивности – свыше 115 ц/га (максимальная урожайность – 115 ц/га в 2019 году). Соответствует требованиям к «ценной» пшенице, создан для возделывания по фузариозоопасному предшественнику. Норма высева – 3,5–4,0 млн всхожих семян на 1 га. Рекомендован для Центрально-Черноземного и Северо-Кавказского регионов. Оба сорта эффективно возделываются на высоком агрофоне.

Определение в черноземе обыкновенном нитратного азота осуществлялось ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), подвижных форм фосфора и калия – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), урожайность определялась по методике Госсортоиспытания 2019 года, показатели качества устанавливались по ГОСТам 10846 – 91 (белок) и 13586.1 – 68 (массовая доля клейковины).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С применением норм минеральных удобрений количество в черноземе обыкновенном нитратного азота по сравнению с контролем достоверно возросло на 10,3–13,4 мг/кг. Существенных изменений в почве по его количеству на двух изучаемых сортах не отмечалось: так сорт Цаца потреблял на 0,7 мг/кг нитратного азота больше, чем Школа. Пик содержания элемента приходился на фазу кущения (29,4 мг/кг), далее к фазе полной спелости его уровень снижался на 8,2 мг/кг, что связано с потреблением элемента растениями и с погодными условиями (табл. 1).

Таблица 1. Влияние норм минеральных удобрений на динамику содержания нитратного азота в почве в посевах сортов озимой пшеницы, мг/кг (среднее за 2023–2025 гг.)

Table 1. Effect of mineral fertilizer rates on the dynamics of soil nitrate nitrogen content during winter wheat cultivation, mg/kg (2023–2025 average)

Норма удобрения, А	Сорт озимой пшеницы, В	Сроки отбора, С					А, НСР ₀₅ = 1,42	В, НСР ₀₅ = 1,20
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Школа	6,7	21,0	22,3	15,2	12,4	15,3	23,5
	Цаца	6,4	20,7	21,8	14,7	11,8		22,8
Рекомендованная (N ₂₁₅ P ₆₅)	Школа	15,8	32,6	30,4	25,5	24,6	25,6	
	Цаца	15,3	32,1	30,0	25,0	24,2		
Расчетная на планируемую урожайность 10,5 т/га (N ₂₅₇ P ₁₃₅ K ₇₅)	Школа	19,1	35,3	34,7	29,5	27,6	28,7	
	Цаца	18,6	34,6	33,2	28,1	26,7		
С, НСР ₀₅ = 1,88		13,7	29,4	28,7	23,0	21,2	НСР ₀₅ = 2,44	

Анализируя данные, приведенные в табл. 1, можно уверенно утверждать, что расчетная норма удобрений ($N_{257}P_{135}K_{75}$) оказалась наиболее эффективной для поддержания более высокого уровня нитратного азота в почве в течение вегетации, а сорт Цаца проявил большую отзывчивость на внесение удобрений по сравнению с сортом Школа.

Табл. 2 свидетельствует, что на всех вариантах с внесением удобрений содержание подвижного фосфора достоверно превышало показатели контрольного варианта на 7,8–14,1 мг/кг. Наибольшие значения были зафиксированы с применением расчетной нормы удобрений: для сорта Школа – 27,5–46,7 мг/кг, для сорта Цаца – 27,1–46,2 мг/кг. Сорт Цаца демонстрировал большее потребление подвижного фосфора из почвы, нежели Школа, но разница была незначительной – 0,3 мг/кг.

Наблюдалась общая тенденция постепенного снижения содержания подвижного фосфора, начиная от фазы всходов к фазе полной спелости, при этом достоверным оно было в межфазные периоды кущение-выход в трубку – 5,8 мг/кг, выход в трубку-колошение – 3,6 мг/кг, колошение-полная спелость – 3,4 мг/кг, что обусловлено потреблением элемента растениями.

Таблица 2. Влияние норм минеральных удобрений на динамику содержания подвижного фосфора в почве в посевах сортов озимой пшеницы, мг/кг (среднее за 2023–2025 гг.)

Table 2. Effect of mineral fertilizer rates on the dynamics of soil mobile phosphorus content during winter wheat cultivation, mg/kg (2023–2025 average)

Норма удобрения, А	Сорт озимой пшеницы, В	Сроки отбора, С					А, НСР ₀₅ = 2,04	В, НСР ₀₅ = 1,02
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Школа	28,1	27,3	23,1	21,3	17,2	23,3	30,7
	Цаца	27,8	27,0	22,8	20,9	17,0		30,4
Рекомендованная ($N_{215}P_{65}$)	Школа	40,3	35,8	29,7	26,3	24,4	31,1	
	Цаца	39,9	35,4	29,2	26,0	23,9		
Расчетная на планируемую урожайность 10,5 т/га ($N_{257}P_{135}K_{75}$)	Школа	46,7	44,5	37,3	31,7	27,5	37,4	
	Цаца	46,2	44,1	37,0	31,4	27,1		
С, НСР ₀₅ = 2,86		38,2	35,7	29,9	26,3	22,9	НСР ₀₅ = 3,24	

Табл. 3 показывает, что использование минеральных удобрений оказывало не одностороннее воздействие на количество подвижного калия в 0–20 см слое почвы по сравнению с контролем: так, рекомендованная норма достоверно снижала его содержание на 5 мг/кг, расчетная существенно увеличивала на 20 мг/кг, что обусловлено либо присутствием, либо отсутствием калия в применяемой норме. Максимальные значения отмечены при использовании расчетной нормы ($N_{257}P_{135}K_{75}$) на сорте Школа – 271–347 мг/кг, сорте Цаца – 267–343 мг/кг. Разница в потреблении подвижного калия из почвы изучаемыми сортами незначительна (на 4 мг/кг).

В фазу всходов зафиксированы наивысшие показатели содержания подвижного калия – 328 мг/кг, а далее его неуклонное снижение до 258 мг/кг. Сокращение элемента обусловлено его естественным выносом формирующимся урожаем.

Таблица 3. Влияние норм минеральных удобрений на динамику содержания подвижного калия в почве в посевах сортов озимой пшеницы, мг/кг (среднее за 2023–2025 гг.)**Table 3.** Effect of mineral fertilizer rates on the dynamics of soil available potassium content during winter wheat cultivation, mg/kg (2023–2025 average)

Норма удобрения, А	Сорт озимой пшеницы, В	Сроки отбора, С					А, НСР ₀₅ = 16,8	В, НСР ₀₅ = 10,2
		всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость		
Контроль (без удобрений)	Школа	320	314	289	263	259	287	294
	Цаца	318	310	285	259	254		290
Рекомендованная (N ₂₁₅ P ₆₅)	Школа	322	313	274	260	251	282	
	Цаца	319	307	267	255	248		
Расчетная на планируемую урожайность 10,5 т/га (N ₂₅₇ P ₁₃₅ K ₇₅)	Школа	347	338	310	280	271	307	
	Цаца	343	332	304	275	267		
С, НСР ₀₅ = 18,4		328	319	288	265	258	НСР ₀₅ = 30,8	

Нормы минеральных удобрений демонстрировали с их повышением существенное увеличение по сравнению с контролем урожайности озимой пшеницы на 2,53 и 4,01 т/га. При сравнении сортов установлено, что значительное преимущество по показателю продуктивности имел сорт озимой пшеницы Цаца, его средняя урожайность составила 7,88 т/га, что оказалось достоверно выше по сравнению с сортом Школа. Самая высокая урожайность была получена на варианте с применением расчетной нормы минеральных удобрений на планируемую урожайность 10,5 т/га (N₂₅₇P₁₃₅K₇₅) – 9,87 т/га с недобором к целевому показателю на 0,72 т/га, на что воздействовали погодные условия в годы проведения исследований (табл. 4).

Таблица 4. Влияние норм минеральных удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы (среднее за 2024–2025 гг.)**Table 4.** Effect of mineral fertilizer rates on the grain yield of winter wheat cultivars, t/ha (2024–2025 average)

Норма удобрения, А	Сорт озимой пшеницы, В		А, НСР ₀₅ = 0,48
	Школа	Цаца	
Контроль (без удобрений)	5,05	5,55	5,30
Рекомендованная (N ₂₁₅ P ₆₅)	7,43	8,23	7,83
Расчетная на планируемую урожайность 10,5 т/га (N ₂₅₇ P ₁₃₅ K ₇₅)	8,75	9,87	9,31
В, НСР ₀₅ = 0,36	7,08	7,88	НСР ₀₅ = 0,78

Эксперимент выявил достоверное положительное влияние минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы – содержание клейковины и белка. Эффект зависел как от нормы внесения удобрений, так и от сортовых особенностей культуры. На варианте без

применения удобрений (контроле) показатели качества были наименьшими, содержание клейковины – 19,1 % у сорта Школа и 20,0 % у сорта Цаца, белка – 11,9 % и 12,2 % соответственно. Применение рекомендованной нормы удобрений ($N_{215}P_{65}$) существенно улучшило качество зерна. Содержание клейковины выросло до 22,7 % (Школа) и 23,3 % (Цаца), уровень белка увеличился до 17,3 % и 17,9 % соответственно. Наилучшие результаты получены при использовании расчетной нормы $N_{257}P_{135}K_{75}$, содержание клейковины – 23,2 % (Школа) и 24,0 % (Цаца), концентрация белка составила 17,8 % и 18,4 % соответственно. При сравнении сортов по показателям качества достоверных изменений не выявлено (табл. 5).

Таблица 5. Влияние норм минеральных удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы (среднее за 2024–2025 гг.)

Table 5. Effect of mineral fertilizer rates on winter wheat grain quality attributes (2024–2025 average)

Норма удобрения, А	Сорт озимой пшеницы, В	Клейковина, %	Белок, %
Контроль (без удобрений)	Школа	19,1	11,9
	Цаца	20,0	12,2
Рекомендованная ($N_{215}P_{65}$)	Школа	22,7	17,3
	Цаца	23,3	17,9
Расчетная на планируемую урожайность 10,5 т/га ($N_{257}P_{135}K_{75}$)	Школа	23,2	17,8
	Цаца	24,0	18,4
НСР ₀₅ фактор А		1,48	1,08
НСР ₀₅ фактор В		0,80	0,82
НСР ₀₅ взаимодействие АВ		2,26	1,88

ВЫВОДЫ

В ходе опыта было установлено, что применение минеральных удобрений достоверно повышало содержание нитратного азота в черноземе обыкновенном на 10,3–13,4 мг/кг относительно контроля. Пик концентрации этого элемента приходился на фазу кушения (29,4 мг/кг), а к фазе полной спелости уровень снижался на 8,2 мг/кг. Это связано с потреблением азота растениями и влиянием погодных условий. Внесение минеральных удобрений приводило к достоверному увеличению содержания подвижного фосфора в почве, показатели превышали контроль на 7,8–14,1 мг/кг. Максимальные значения зафиксированы при использовании расчетной нормы ($N_{257}P_{135}K_{75}$) для сорта Школа – 27,5–46,7 мг/кг, для сорта Цаца – 27,1–46,2 мг/кг. Наблюдалось постепенное снижение концентрации фосфора от всходов к полной спелости. Влияние минеральных удобрений на содержание подвижного калия в почве различалось в зависимости от применяемой нормы. Рекомендованная норма ($N_{215}P_{65}$) снижала его содержание на 5 мг/кг по сравнению с контролем, тогда как расчетная норма ($N_{257}P_{135}K_{75}$) существенно увеличивала на 20 мг/кг. Сортные особенности существенного влияния на потребление макроэлементов из почвы не оказывали.

Минеральные удобрения достоверно повышали урожайность озимой пшеницы на 47–76 % в зависимости от нормы внесения. Сорт Цаца проявил более высокую отзывчивость на внесение удобрений, что показало прибавку к контролю 4,32 т/га (78 %), тогда как у Школы – 3,70 т/га (73 %).

Изучаемые удобрения по сравнению с контрольным вариантом существенно улучшали качество зерна озимой пшеницы, повышали содержание клейковины (3,4–4,0 %)

и белка (5,5, 6,0%). Сорт Цаца стабильно превосходил Школу по качеству зерна, но не достоверно. Разница составляла 0,7 % по содержанию клейковины и 0,5 % по содержанию белка.

Обобщая вышеуказанные выводы, можно сформировать следующие краткие умозаключения: регулярный мониторинг агрохимических показателей необходим для оценки химического состава почвы, что позволит скорректировать систему питания культуры при необходимости; расчетная норма минеральных удобрений позволила добиться получения максимальной урожайности с оптимальным качеством зерна; оба изучаемых сорта показали положительную реакцию на внесение удобрений, однако сорт Цаца продемонстрировал большую отзывчивость, обеспечивая наибольший прирост урожайности и лучшее качество зерна. В связи с чем для зоны неустойчивого увлажнения на черноземе выщелоченном производстве можно порекомендовать к возделыванию сорт озимой пшеницы Цаца на фоне внесения нормы минеральных удобрений $N_{257}P_{135}K_{75}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ожередова А. Ю., Ситников В. Н., Есаулко А. Н. и др. Агрохимическое обследование почв. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2023. 508 с. ISBN: 978-5-9596-1915-2
2. Шеуджен А. Х., Нецадим Н. Н., Гайдукова Н. Г., Шабанова И. В. Влияние природных и антропогенных факторов на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и его загрязнение тяжелыми металлами // Агрохимия. 2019. № 1. С. 19–28. DOI: 10.1134/S0002188119010095
3. Лукьянов В. А., Дудкина Т. А. Формирование биологического урожая озимой пшеницы при применении разных видов удобрений в Центрально-Черноземном регионе // Аграрная наука. 2025. № 8. С. 64–69. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-397-08-64-69
4. Беляев А. И., Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А. и др. Минеральное питание в вопросах роста урожайности озимой пшеницы на юге России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 4(82). С. 13–20. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-01
5. Нагайцев Д. В., Барнашова Е. К. Оценка качества зерна образцов коллекции озимой мягкой пшеницы в Московской сельскохозяйственной академии // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2025. № 2. С. 115–135. DOI: 10.26897/0021-342X-2025-2-115-135
6. Оганян Л. Р., Ерошенко Ф. В. Влияние агротехнических приемов на урожайность и качество зерна различных сортов озимой пшеницы // Сельскохозяйственный журнал. 2025. № 4(18). С. 57–67. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.18.2025
7. Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Ожередова А. Ю. и др. Оптимизация минерального питания растений озимой пшеницы на основе комплексного применения макро- и микроудобрений на черноземе выщелоченном // Плодородие. 2023. № 4(133). С. 102–107. DOI 10.25680/S19948603.2023.133.25
8. Устименко Е. А., Есаулко А. Н., Голосной Е. В. и др. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2019. 180 с.
9. Ожередова А. Ю., Ситников В. Н., Есаулко А. Н. и др. Реализация потенциальной продуктивности озимой пшеницы за счет оптимизации минерального питания в динамических условиях внешней среды в почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья:

Рекомендации по практическому обоснованию применения норм минеральных удобрений под озимую пшеницу в трех почвенно-климатических зонах Центрального Предкавказья. Ставрополь: АГРУС, 2024. 56 с. EDN: MXAXHO

10. Цховребов В. С., Фаизова В. И., Цховребов С. В., Сенькова Л. А. Содержание элементов питания и урожайность озимой пшеницы на 12-й год последствий реминерализации чернозема выщелоченного // Земледелие. 2019. № 7. С. 12–14. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10702

11. Тавадов А. С., Ничипуренко Е. Н. Оценка влияния минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на фоне предшественника сахарной свеклы в Центрально-Черноземной зоне Кубани // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2025. № 42(205). С. 80–94. EDN: PCMLXH

12. Щукина В. А. Озимая пшеница в Краснодарском крае: агротехнические основы достижения высокой урожайности // Приднепровский научный вестник. 2025. Т. 9. № 1. С. 86–89.

REFERENCES

1. Ozheredova A.Yu., Sitnikov V.N., Esaulko A.N. et al. *Agrokhimicheskoye obsledovaniye pochv* [Agrochemical examination of soils]. Stavropol: Stavropol'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2023. 508 p. ISBN: 978-5-9596-1915-2. (In Russian)

2. Sheudzhen A.Kh., Neshchadim N.N., Gaidukova N.G., Shabanova I.V. Influence of natural and anthropogenic factors on physical and chemical properties of leached chernozem and its contamination with heavy metals. *Agrokhimia*. 2019. No. 1. Pp. 19–28. DOI: 10.1134/S0002188119010095. (In Russian)

3. Lukyanov V.A., Dudkina T.A. Formation of biological yield of winter wheat with the use of different types of fertilizers in the Central Black Earth Region. *Agrarian Science*. 2025. No. 8. Pp. 64–69. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-397-08-64-69. (In Russian)

4. Belyaev A.I., Petrov N.Yu., Kuznetsova E.A. et al. The mineral nutrition in matters of the winter wheat yield in the south of Russia. *Proceeding of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2025. No. 4(82). Pp. 13–20. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-01. (In Russian)

5. Nagaytsev D.V., Barnashova E.K. Grain quality assessment of winter soft wheat collection samples at Moscow Agricultural Academy. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 2. Pp. 115–135. DOI: 10.26897/0021-342X-2025-2-115-135. (In Russian)

6. Oganyan L.R., Eroshenko F.V. Influence of agricultural practices on the yield and grain quality of various winter wheat varieties. *Agricultural Journal*. 2025. No. 4(18). Pp. 57–67. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/006.4.18.2025. (In Russian)

7. Sitnikov V.N., Esaulko A.N., Ozheredova A.Yu. et al. Optimization of mineral nutrition of winter wheat plants based on the integrated application of macro- and micro-fertilizers on leached chernozem. *Plodorodie*. 2023. No. 4(133). Pp. 102–107. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.25. (In Russian)

8. Ustimenko E.A., Esaulko A.N., Golosnoy E.V. et al. *Programmirovaniye urozhayev sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Programming of Agricultural Crop Yields]. Stavropol: Stavropol'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2019. 180 p. (In Russian)

9. Ozheredova A.Yu., Sitnikov V.N., Esaulko A.N. et al. *Realizatsiya potentsial'noy produktivnosti ozimoy pshenitsy za schet optimizatsii mineral'nogo pitaniya v dinamicheskikh usloviyakh vneshney sredy v pochvenno-klimaticheskikh zonakh Tsentral'nogo Predkavkaz'ya: Rekomendatsii po prakticheskomu obosnovaniyu primeneniya norm mineral'nykh udobreniy pod*

ozimuyu pshenitsu v trekh pochvenno-klimaticheskikh zonakh Tsentral'nogo Predkavkaz'ya [Realization of potential productivity of winter wheat due to optimization of mineral nutrition under dynamic environmental conditions in the soil and climatic zones of the Central Ciscaucasia: Recommendations for the practical justification of the application of mineral fertilizer rates for winter wheat in three soil and climatic zones of the Central Ciscaucasia]. Stavropol: AGRUS, 2024. 56 p. EDN: MXAXHO. (In Russian)

10. Tskhovrebov V.S., Faizova V.I., Tskhovrebov S.V., Senkova L.A. The content of nutrients and yield of winter wheat in the twelfth year after remineralization of leached chernozem. *Zemledelie*. 2019. No. 7. Pp. 12–14. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10702. (In Russian)

11. Tavadov A.S., Nichipurenko E.N. Assessment of the influence of mineral fertilizers on the yield and grain quality of winter wheat against the background of sugar beet as a predecessor in the Central Black Earth zone of Kuban. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2025. No. 42 (205). Pp. 80–94. EDN: PCMLXH. (In Russian)

12. Shchukina V.A. Winter wheat in Krasnodar Krai: agrotechnical foundations for achieving high yields. *Pridneprovskiy nauchnyy vestnik* [Pridneprovsky Scientific Bulletin]. 2025. Vol. 9. No. 1. Pp. 86–89. (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 проведено без спонсорской поддержки.

Funding. The study was performed without external funding.

Информация об авторах

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

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

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

Бородин Вадим Алексеевич, магистр Института агробиологии и природных ресурсов, Ставропольский государственный аграрный университет;

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

borodinvadja126@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6279-3711>

Азарова Маргарита Юрьевна, ст. преподаватель кафедры агрохимии и физиологии растений, Ставропольский государственный аграрный университет;

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

azarova778@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7109-1227>, SPIN-код: 6737-8380

Information about the authors

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

12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

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

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, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

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

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, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

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

Vadim A. Borodin, Master's Student, Institute of Agrobiology and Natural Resources, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

borodinvadja126@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6279-3711>

Margarita Yu. Azarova, Senior Lecturer, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University;

12, Zootechnicheskiy lane, Stavropol, 355017, Russia;

azarova778@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7109-1227>, SPIN-code: 6737-8380