Научная статья
УДК 631.82:633.11 «324»
doi:10.35694/YARCX.2026.74.2.001

МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОДКОРМКУ, НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А. Н. Есаулко[1], А. Ю. Ожередова[2], Е. В. Письменная[3], И. Ю. Вдовыдченко[4], О. А. Шевченко[5]
[1, 2, 3, 4, 5]Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Автор, ответственный за переписку: Алена Юрьевна Ожередова,
alena.gurueva@mail.ru, ORCID 0000-0001-6038-6409

Реферат. В статье представлены результаты двухлетнего (2023–2025 гг.) мониторинга, проведённого на учебно-опытной станции Ставропольского ГАУ, по изучению влияния возрастающих доз азотных подкормок (N_{35}, N_{51}, N_{70}, N_{87}) на фоне припосевного внесения $N_{13}P_{60}$ на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Алексеич. Установлено, что применение азотных подкормок, по сравнению с контролем, достоверно повышало содержание нитратного и аммонийного азота в почве (на 1,9…7,0 и 1,9…6,0 мг/кг соответственно). Наибольшее содержание подвижного фосфора было отмечено на варианте с применением фона $N_{13}P_{60}$ (25,4 мг/кг), тогда как увеличение доз азотных подкормок способствовало его снижению. Подвижный калий не имел чёткой зависимости от применяемых доз азотных подкормок, а содержание подвижных меди и цинка изменялось на 0,02…0,03 и 0,01… 0,04 мг/кг, но изменения между вариантами находились в узких пределах. По фазам вегетации озимой пшеницы выявлена закономерная динамика: максимальное содержание всех изучаемых элементов отмечалось в фазу конца кущения с последующим достоверным снижением к полной спелости. Применение азотных подкормок обеспечило существенное увеличение урожайности (на 0,70…1,83 т/га) по сравнению с контролем (3,91 т/га). Наибольшая продуктивность (5,74 т/га) достигнута при внесении N_{87}, однако прибавка к варианту N_{70} составила лишь 0,12 т/га, что указывает на снижение окупаемости удобрений. Качество зерна закономерно улучшалось с ростом доз азотных удобрений: содержание клейковины – на 4,4…10,7%, белка – на 1,9…5,0%, стекловидности – на 2…7%. Класс зерна повысился с V до III.

Ключевые слова: *мониторинг, дозы азотных удобрений, озимая пшеница, чернозём выщелоченный, подкормка, агрохимические показатели, нитратный азот, аммонийный азот, подвижные фосфор, калий, медь, цинк, урожайность, качество зерна*

MONITORING THE INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZER DOSES USED AS TOP DRESSING ON THE AGROCHEMICAL INDICATORS OF LEACHED CHERNOZEM, YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN

A. N. Esaulko[1], A. Yu. Ozheredova[2], E. V. Pismennaya[3], I. Yu. Vdovydchenko[4], O. A. Shevchenko[5]
[1, 2, 3, 4, 5]Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Author responsible for the correspondence: Alena Yu. Ozheredova,
alena.gurueva@mail.ru, ORCID 0000-0001-6038-6409

Abstract. The article presents the results of two-year (2023–2025) monitoring carried out at the training and experimental station of the Stavropol State Agrarian University to study the effect of increasing doses of nitrogen top-dressings (N_{35}, N_{51}, N_{70}, N_{87}) against the background at sowing application of $N_{13}P_{60}$ on the agrochemical indicators of leached chernozem, yield and grain quality of winter wheat of the Alekseich variety. It was found that the use of nitrogen top-dressings, compared with the control, significantly increased the content of nitrate and ammonium nitrogen in the soil (by 1.9...7.0 and 1.9...6.0 mg/kg, respectively). The highest content of mobile phosphorus was observed in the variant with the application of background $N_{13}P_{60}$ (25.4 mg/kg), while an increase in doses of nitrogen top-dressings contributed to its decrease. Mobile potassium did not have a clear dependence on the applied doses of nitrogen top-dressings, and the content of mobile copper and zinc varied by 0.02...0.03 and 0.01...0.04 mg/kg, but changes between variants were within narrow limits. According to the phases of winter wheat vegetation, a consistent pattern was revealed: the

maximum content of all the elements under study was observed in the phase of the end of tillering with a subsequent significant decrease to full maturity. The use of nitrogen top-dressings provided a significant increase in yield (by 0.70...1.83 t/ha) compared to the control (3.91 t/ha). The highest productivity (5.74 t/ha) was achieved with the application of N_{87}, however, the increase to N_{70} variant was only 0.12 t/ha, which indicates a decrease in the payback of fertilizers. The quality of grain naturally improved with an increase in doses of nitrogen fertilizers: gluten content – by 4.4...10.7%, protein – by 1.9...5.0%, vitreousness – by 2...7%. The grain class increased from V to III.

Keywords: *monitoring, nitrogen fertilizer doses, winter wheat, leached chernozem, fertilizing, agrochemical indicators, nitrate, ammonium nitrogen, mobile phosphorus, potassium, copper, zinc, yield, grain quality*

Финансирование. Исследование выполняется за счёт 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.

Введение. Ведущее положение среди зерновых культур в Российской Федерации занимает пшеница. В последние годы её посевы составляют 59% от всех площадей, отведённых под зерновые, а в общем объёме производства зерна на долю этой культуры приходится 62%. Россия прочно удерживает позиции в тройке крупнейших мировых экспортёров пшеницы. Однако средняя урожайность по стране остаётся относительно невысокой – около 3,0 т/га, тогда как генетический потенциал современных сортов озимой пшеницы превышает 10,0 т/га [1; 2]. Среди ключевых факторов, определяющих величину урожая, важнейшее место занимает обеспеченность растений элементами минерального питания. Научно обоснованное применение удобрений служит основой для формирования устойчивых агроэкосистем и высокопродуктивного земледелия, позволяя получать стабильные урожаи без снижения почвенного плодородия [3].

Минеральные удобрения оказывают определённое влияние на агрохимические показатели почв, увеличивая или снижая количество доступных макро- и микроэлементов в почвенном растворе, являющемся одним из основных источников пищи для культурных растений. От того, какая система удобрения подобрана, зависит обеспеченность культуры питанием, а если оно полноценно, то отзывчивость у культурного растения проявляется в виде повышения продуктивности и показателей качества [4; 5; 6].

Особое значение в повышении урожайности и улучшении качества зерна озимой пшеницы принадлежит азотным удобрениям. Дефицит азота, особенно в начальные фазы роста, наносит серьёзный ущерб будущему урожаю, тогда как его избыток также нежелателен. Именно поэтому поддержание оптимального уровня азотного питания на протяжении всей вегетации играет решающую роль в реализации ресурсного потенциала любого культурного растения. Научные исследования и многолетняя практика убедительно доказывают, что ранневесенние азотные подкормки положительно сказываются на урожайности озимой пшеницы, увеличивая её в среднем от 0,4 до 2,0 т/га. Значительно возрастают и качественные показатели зерна, такие как сырая клейковина – от 3 до 7%, белок – от 1 до 3% соответственно [7; 8].

В настоящее время перед агрономической наукой стоит задача поиска эффективных путей повышения почвенного плодородия, урожайности современных сортов озимой пшеницы и улучшения показателей качества зерна [9; 10]. В связи с этим выполненные нами исследования представляются весьма актуальными, а цель работы – установить влияние доз азотных удобрений, применяемых в подкормку, на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Материалы и методы. Опыт закладывался на учебно-опытной станции Ставропольского государ-

Авторы фото: А. Ю. Ожередова, Д. И. Иванников, В. Ю. Димитренко

Рисунок 1 – Закладка опытов, ведение исследований

ственного аграрного университета в 2023–2026 гг., материалы в статье представлены за 2023–2025 гг., в 2026 году проводится сбор экспериментальных данных (рис. 1).

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый, имел 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); $N\text{-}NO_3$ (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 (естественный 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 делянки – 28 м, длина делянки – 72 м, общая площадь делянки – 2016 м^2. Предшественник – озимая пшеница.

Определение агрохимических показателей почвенного плодородия осуществляли: $N\text{-}NO_3$ – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86); $N\text{-}NH_4$ – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489–91); подвижные формы фосфора и калия – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91); подвижные соединения меди (ГОСТ Р 50683-94) и цинка (ГОСТ Р 50686-94) – по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО.

Урожайность учитывали в соответствии с методиками Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019 г.). Определение качественных показателей зерна озимой пшеницы осуществлялось в соответствии с ГОСТами (белок – ГОСТ 10846-91, клейковина – ГОСТ 13586.1-68, ИДК – ГОСТ 27676-88, стекловидность – ГОСТ 10987-76). Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли корреляционно-регрессионным и дисперсионным методами [11; 12].

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°С (ниже, чем в 2023–2024 гг., на 1,5°С). 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°С, 2024–2025 гг. – на 1,8°С).

Результаты и их обсуждение. Применение одного только фона минерального питания $N_{13}P_{60}$ с посевом озимой пшеницы несущественно снижало содержание нитратного азота в чернозёме выщелоченном относительно контрольного варианта на 0,6 мг/кг. Происходило это за счёт того, что такой элемент, как фосфор, стимулирует развитие корневой системы, заставляя растение озимой пшеницы активнее поглощать нитратный азот из почвы, а невысокое его содержание в припосевной дозе не компенсирует вынос. Использование возрастающих доз азотных подкормок с изучаемым фоном питания от 35 кг/га д.в. до 87 кг/га д.в. достоверно повышало концентрацию элемента в почве от 1,9 до 7,0 мг/кг. Начиная от конца кущения, к периоду полной спелости культуры зафиксировано значительное устойчивое неуклонное снижение нитратного азота в почве на 4,9…10,0 мг/кг (табл. 1).

По аммонийному азоту установлена аналогичная закономерность, только припосевное применение фона, по сравнению с контролем, недостоверно снижало в почве на 0,3 мг/кг содержание аммонийного азота, а применение доз азотных подкормок N_{35}, N_{51}, N_{70}, N_{87} существенно увеличивало количество элемента на 1,9, 3,2, 4,5, 6,0 мг/кг соответственно. В конце кущения была отмечена максимальная концентрация аммонийного азота в чернозёме выщелоченном (28,9 мг/кг), снисходящая к минимуму к периоду полной спелости – до 18,9 мг/кг, что в каждый межфазный период (конец кущения – выход в трубку, выход в трубку – колошение, колошение – полная спелость) было достоверным на 4,2, 2,5, 3,3 мг кг. (табл. 2). Снижение двух форм азота

Таблица 1 – Динамика содержания нитратного азота в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, $НСР_{05}$ = 1,02
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	15,9	11,6	13,6	8,0	12,3
Фон $N_{13}P_{60}$	16,1	11,2	12,0	7,4	11,7
Фон + N_{35}	18,6	13,3	15,5	9,5	14,2
Фон + N_{51}	20,6	15,2	16,8	10,4	15,8
Фон + N_{70}	22,7	17,8	19,2	11,2	17,7
Фон + N_{87}	24,1	19,8	21,6	11,8	19,3
В, $НСР_{05}$ = 1,48	19,7	14,8	16,5	9,7	$НСР_{05}$ = 1,88

Таблица 2 – Динамика содержания аммонийного азота в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, $НСР_{05}$ = 1,46
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	25,0	22,3	19,7	17,3	21,1
Фон $N_{13}P_{60}$	25,4	21,9	19,4	16,5	20,8
Фон + N_{35}	27,7	24,1	22,0	18,1	23,0
Фон + N_{51}	29,8	25,2	22,8	19,2	24,3
Фон + N_{70}	31,6	26,5	23,8	20,5	25,6
Фон + N_{87}	33,6	27,9	25,3	21,6	27,1
В, $НСР_{05}$ = 1,68	28,9	24,7	22,2	18,9	$НСР_{05}$ = 2,32

в почве от конца кущения к полной спелости озимой пшеницы можно обосновать как особенностями питания культуры, так и погодными условиями.

Максимальное содержание подвижного фосфора в почве было зафиксировано на варианте с применением фона $N_{13}P_{60}$ – 25,4 мг/кг, что существенно превышало контроль, с разницей на 3,1 мг/кг, фон с азотной подкормкой N_{70} – на 1,4 мг/кг и фон с подкормкой в дозе N_{87} – на 1,5 мг/кг. Разница с вариантами фон +N_{35} (на 0,4 мг/кг) и фон +N_{51} (на 1,0 мг/кг) оказалась недостоверной. Можно отметить следующую зависимость: с увеличением азотного питания происходит снижение запасов подвижного фосфора в почве. От фазы кущения к фазе полной спелости озимой пшеницы наблюдалось снижение содержания элемента, значительным оно было в один межфазный период – выход в трубку – колошение (на 2,6 мг/кг), таблица 3.

Динамика подвижного калия в чернозёме выщелоченном определенной связи с дозами изучаемых подкормок не имела. Контроль и вариант Фон + N_{87} имели одинаковое количество элемента – 217 мг/кг, другие три варианта, где на фоне применялись дозы азотных подкормок N_{35}, N_{51}, N_{70} – 221 мг/кг. Максимальное значение подвижного калия (224 мг/кг) было отмечено на варианте с припосевным применением аммофоса. Возможно, наличие фосфора (P_{60}) способствует лучшему обмену ионов в почве, что повышает мобильность калия по сравнению с абсолютным контролем без удобрений. При добавлении к фону азотных подкормок происходит формирование большей биомассы, что приводит к более интенсивному потреблению калия из почвы, но значимых различий с увеличением доз азотных подкормок не отмечено. По срокам отбора происходило снижение от 236 мг/кг в конце кущения до 199 мг/кг – к полной спелости, с достоверной разницей на 37 мг/кг (табл. 4).

Содержание подвижной меди в почве во всех вариантах опыта находилось на низком уровне. Внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на концентрацию этого микроэлемента. Средние значения по фактору А варьировали в узком диапазоне – от 0,24 до 0,28 мг/кг при $НСР_{05}$ = 0,014, что указывало на достоверные различия между контрольным вариантом и применением фона $N_{13}P_{60}$ (+0,04 мг/кг) и фона с подкормками N_{35} (+0,02 мг/кг), N_{51} (+0,03 мг/кг), N_{70} (+0,03 мг/кг), N_{87} (+0,02 мг/кг). В динамике от конца кущения к полной спелости наблюдалось резкое снижение содержания подвижной меди в 4,3 раза. Это может быть связано как с потреблением элемента растениями, так и с переходом меди в труднодоступные формы в процессе вегетации (табл. 5).

Согласно таблице 6, содержание подвижного цинка в чернозёме выщелоченном с применением минеральных удобрений, по сравнению с контролем, возрастало от 0,01 до 0,04 мг/кг, существенным повышение было на вариантах Фон + N_{35} и Фон + N_{51}. Возможно, это связано с тем, что при внесении минеральных удобрений происходило подкисление pH, и ионы цинка активнее переходили из минералов в почвенный раствор, с уве-

Таблица 3 – Динамика содержания подвижного фосфора в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, $НСР_{05}$ = 1,28
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	24,3	23,6	21,2	19,8	22,3
Фон $N_{13}P_{60}$	27,7	26,8	24,2	22,8	25,4
Фон + N_{35}	27,3	26,5	23,7	22,4	25,0
Фон + N_{51}	26,5	25,8	23,0	22,1	24,4
Фон + N_{70}	26,3	25,5	23,0	21,3	24,0
Фон + N_{87}	26,0	25,1	22,9	21,7	23,9
В, $НСР_{05}$ = 1,68	26,4	25,6	23,0	21,7	$НСР_{05}$ = 2,46

Мониторинг влияния доз азотных удобрений, применяемых в подкормку, на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Таблица 4 – Динамика содержания подвижного калия в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, $НСР_{05}$ = 11,2
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	235	230	210	192	217
Фон $N_{13}P_{60}$	242	232	220	200	224
Фон + N_{35}	238	233	215	196	221
Фон + N_{51}	236	231	216	199	221
Фон + N_{70}	233	225	216	208	221
Фон + N_{87}	233	225	213	198	217
В, $НСР_{05}$ = 12,8	236	229	215	199	$НСР_{05}$ = 18,2

Таблица 5 – Динамика содержания подвижной меди в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, $НСР_{05}$ = 0,014
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	0,45	0,20	0,19	0,10	0,24
Фон $N_{13}P_{60}$	0,53	0,24	0,21	0,12	0,28
Фон + N_{35}	0,51	0,22	0,20	0,11	0,26
Фон + N_{51}	0,52	0,22	0,20	0,14	0,27
Фон + N_{70}	0,52	0,23	0,20	0,14	0,27
Фон + N_{87}	0,51	0,21	0,19	0,13	0,26
В, $НСР_{05}$ = 0,016	0,51	0,22	0,20	0,12	$НСР_{05}$ = 0,026

личением доз азотных подкормок до N_{70} и N_{87} фиксировалось снижение из-за большего набора вегетативной массы культуры, сопровождающегося более активным потреблением микроэлемента из почвы. Динамика по срокам отбора однотипна с предыдущими показателями: максимальное содержание – в конце кущения, минимальное – в полную спелость. Различия достоверны только в межфазный период (конец кущения – выход в трубку) – на 0,13 мг/кг.

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), таблица 7.

Применение только одного фона $N_{13}P_{60}$, по сравнению с контрольным вариантом, на значительное улучшение показателей качества зерна озимой пшеницы не влияло. С увеличением дозы азотной подкормки закономерно повышалось содержание клейковины (+4,4, 7,1, 8,9, 10,7%), белка (+1,9, 3,5, 4,1, 5,0%) и стекловидности (+4, 4, 2, 7%). Индекс деформации клейковины (ИДК) снижался с 77 до 63 ед., что свидетельствует об улучшении её физических свойств. Подкормка азот-

Таблица 6 – Динамика содержания подвижного цинка в 0–20 см слое чернозёма выщелоченного в зависимости от применяемых доз азотных подкормок в посевах озимой пшеницы, мг/кг, среднее за 2023–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Срок отбора, В				А, $НСР_{05}$ = 0,026
	конец кущения	выход в трубку	колошение	полная спелость	
Контроль	0,63	0,52	0,51	0,48	0,54
Фон $N_{13}P_{60}$	0,68	0,55	0,52	0,50	0,56
Фон + N_{35}	0,70	0,56	0,53	0,52	0,58
Фон + N_{51}	0,68	0,55	0,53	0,50	0,57
Фон + N_{70}	0,67	0,54	0,53	0,50	0,56
Фон + N_{87}	0,65	0,53	0,51	0,50	0,55
В, $НСР_{05}$ = 0,036	0,67	0,54	0,52	0,50	$НСР_{05}$ = 0,062

Таблица 7 – Влияние азотных подкормок на урожайность озимой пшеницы, среднее за 2024–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Влажность при уборке, %	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
Контроль	11,9	3,91	–
Фон $N_{13}P_{60}$	11,8	4,14	0,23
Фон $+N_{35}$	11,9	4,61	0,70
Фон + N_{51}	11,9	5,18	1,27
Фон + N_{70}	11,9	5,62	1,71
Фон + N_{87}	11,9	5,74	1,83
$НСР_{05}$	–	0,484	–

Таблица 8 – Влияние азотных подкормок на показатели качества зерна озимой пшеницы, среднее за 2024–2025 гг.

Азотная подкормка, А	Показатель качества зерна в опыте				
	Клейковина, %	Белок, %	ИДК, ед.	Стекловидность, %	Класс зерна
Контроль	17,0	10,0	77	49	V
Фон $N_{13}P_{60}$	17,9	10,2	76	51	V
Фон + N_{35}	21,4	11,9	68	53	IV
Фон + N_{51}	24,1	13,5	70	53	III
Фон + N_{70}	25,9	14,1	68	51	III
Фон + N_{87}	27,7	15,0	63	56	III
$НСР_{05}$	2,28	1,22	–	4,8	–

ными удобрениями увеличивала классность зерна с V до III класса (табл. 8).

Выводы. Двухлетний мониторинг по изучению влияния азотных удобрений на агрохимические показатели чернозёма выщелоченного позволил выявить следующее:

1. Все азотные подкормки значительно увеличивали в почве содержание NO^{3-} и NH^{4+} как по сравнению с контролем (+1,9–7,0 и +21,9–6,0 мг/кг), так и с применением только фона $N_{13}P_{60}$ (2,5–7,6 и 2,2–6,3 мг/кг). В связи с тем, что на всех изучаемых вариантах, за исключением контрольного, было внесено с посевом озимой пшеницы 108 кг/кг аммофоса, содержание подвижного фосфора в почве доминировало на удобренных вариантах, и разница по содержанию с естественным агрохимическим фоном составляла от 1,6 до 3,1 мг/кг (существенная), но с увеличением доз азотных подкормок эта разница снижалась. Содержание подвижного калия в почве не имело достоверной зависимости от доз азотных подкормок и варьировало в пределах 217–224 мг/кг. Подвижные медь и цинк в чернозёме выщелоченном с применением удобрений существенно возрастали, в большей степени, по сравнению с контрольным вариантом, но повышение доз азота приводило к уменьшению их запасов из-за усиления выноса сформированной биомассой, что указывает на необходимость контроля микроэлементного питания. По всем изученным показателям отмечена закономерная динамика по фазам вегетации: максимальные значения фиксировались в фазу конца кущения с последующим достоверным снижением к полной спелости.

2. Повышение содержания нитратного и аммонийного азота в почве под влиянием азотных подкормок обеспечило достоверный рост урожайности озимой пшеницы с 3,91 т/га (контроль) до 5,74 т/га (фон + N_{87}), при этом максимальная прибавка составила 1,83 т/га. Увеличение доступных форм азота в почве способствовало закономерному повышению качества зерна: содержание клейковины возросло с 17,0 до 27,7%, белка – с 10,0 до 15,0%, а класс зерна повысился с V до III. Снижение содержания подвижного фосфора в почве при высоких дозах азотных подкормок (с 25,4 мг/кг на фоне до 23,9 мг/кг при N_{87}) не оказало негативного влияния на продуктивность, что объясняется достаточным исходным уровнем фосфора и усилением его потребления растениями на фоне интенсивного азотного питания. Отсутствие достоверной корреляции между содержанием подвижного калия и дозами азотных подкормок (217–224 мг/кг) свидетельствовало о том, что калийное питание не лимитировало формирование урожая в условиях опыта. Таким образом, оптимизация азотного питания является главным фактором повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы на чернозёме выщелоченном, тогда как фосфор, калий и микроэлементы при исходно достаточном уровне не лимитировали продуктивность в изученном диапазоне доз удобрений.

Список источников

1. Дроздова В. В., Булдыкова И. А. Влияние разных систем минерального питания растений озимой пшеницы на ее урожайность и качество в условиях чернозема выщелоченного // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 96. С. 79–84. DOI 10.21515/1999-1703-96-79-84. EDN PCQSNC.

2. 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. EDN YJLLFO.

3. Ситников В. Н., Есаулко А. Н., Устименко Е. А. [и др.] Мониторинг развития растений озимой пшеницы на чернозёме 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. EDN DYPQLG.

4. Газиев С. А., Маштакова М. Ш., Гишкаева Л. С. Влияние технологий выращивания зерновых культур на плодородие чернозема типичного в лесостепной зонечеченской республики // Агрохимический вестник. 2022. № 1. С. 14–16. DOI 10.24412/1029-2551-2022-1-003. EDN OIESRD.

5. Матюк Н. С., Рябов Д. А., Мазиров М. А., Полин В. Д. Действие и последействие разных доз азотной подкормки на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность севооборота // Владимирский земледелец. 2023. № 3 (105). С. 22–26. DOI 10.24412/2225-2584-2023-3105-22-26. EDN OGQVDW.

6. Левченкова А. Н., Володина Т. И., Павлов И. Н. Роль удобрений в регулировании питания растений // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 5. С. 17–24. EDN FNSXAY.

7. Горбунова Е. В., Шатова М. В., Горбунов В. Р. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы в КФХ «Коростинский» Херсонской области // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2025. № 43 (206). С. 151–158. EDN ICZVHY.

8. 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. EDN UQEZFE.

9. 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. EDN SDTLSL.

10. Ивенин В. В., Климова А. В., Ашаева О. В., Телегин А. С. Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в условиях Нижегородской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 4 (64). С. 14–21. DOI 10.35694/YARCX.2023.64.4.002. EDN MQLSQC.

11. 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. EDN KNNMMF.

12. 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. EDN EKSCOY.

References

1. Drozdova V. V., Buldykova I. A. Vliyanie raznyh sistem mineral'nogo pitaniya rastenij ozimoj pshenicy na ee urozhajnost' i kachestvo v usloviyah chernozema vyshchelochennogo // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 96. S. 79–84. DOI 10.21515/1999-1703-96-79-84. EDN PCQSNC.

2. Mel'nikova O. V., Repnikova V. I. Urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoj pshenicy v zavisimosti ot urovnya azotnogo pitaniya rastenij v usloviyah Yugo-Zapada Central'nogo regiona Rossii // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 1. S. 13–19. EDN YJLLFO.

3. Sitnikov V. N., Esaulko A. N., Ustimenko E. A. [i dr.] Monitoring razvitiya rastenij ozimoj pshenicy na chernozyome vyshchelochennom s ispol'zovaniem neinvazivnyh i tradicionnyh metodov opredeleniya soderzhaniya azota pochva – rasteniya // International Agricultural Journal. 2024. T. 67, № 6. DOI 10.55186/25880209_2024_8_6_32. EDN DYPQLG.

4. Gaziev S. A., Mashtakova M. Sh., Gishkaeva L. S. Vliyanie tekhnologij vyrashchivaniya zernovyh kul'tur na plodorodie chernozema tipichnogo v lesostepnoj zonechechenskoj respubliki // Agrohimicheskij vestnik. 2022. № 1. S. 14–16. DOI 10.24412/1029-2551-2022-1-003. EDN OIESRD.

5. Matyuk N. S., Ryabov D. A., Mazirov M. A., Polin V. D. Dejstvie i posledejstvie raznyh doz azotnoj podkormki na plodorodie dernovo-podzolistyh pochv i produktivnost' sevooborota // Vladimirskij zemledelec. 2023. № 3 (105). S. 22–26. DOI 10.24412/2225-2584-2023-3105-22-26. EDN OGQVDW.

6. Levchenkova A. N., Volodina T. I., Pavlov I. N. Rol' udobrenij v regulirovanii pitaniya rastenij // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2025. № 5. S. 17–24. EDN FNSXAY.

7. Gorbunova E. V., Shatova M. V., Gorbunov V. R. Vliyanie azotnyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna sortov ozimoj pshenicy v KFH «Korostinskij» Hersonskoj oblasti // Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy. 2025. № 43 (206). S. 151–158. EDN ICZVHY.

8. Fedorova A. V., Bakhvalova S. A., Dem'yanova-Roj G. B. Vliyanie azotnyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoj pshenicy // Plodorodie. 2022. № 5 (128). S. 30–32. DOI 10.25680/S19948603.2022.128.08. EDN UQEZFE.

9. Shutko A. P., Glazunova N. N., Yanovskij A. A. [et al.] Use of unmanned aerial technologies for remote sensing of winter wheat agrocenosis // Bulletin of the APK of the Upper Volga region. 2025. № 4 (72). P. 123–128. DOI 10.35694/YARCX.2025.72.4.019. EDN SDTLSL.

10. Ivenin V. V., Klimova A. V., Ashaeva O. V., Telegin A. S. Yield and grain quality of spring wheat varieties in the conditions of the Nizhny Novgorod region // Bulletin of the APK of the Upper Volga region. 2023. № 4 (64). P. 14–21. DOI 10.35694/YARCX.2023.64.4.002. EDN MQLSQC.11.

11. Esaulko A. N., Loshakov A. V., Odintsov S. V. [i dr.] Distancionnyj monitoring sostoyaniya ozimoj pshenicy i kukuruzy na zerno v uchebno-opytnom hozyajstve Stavropol'skogo GAU Shpakovskogo municipal'nogo okruga Stavropol'skogo kraya // International Agricultural Journal. 2025. T. 68, № 6. S. 161–172. DOI 10.55186/25880209_2025_9_6_11. EDN KNNMMF.

12. Esaulko A. N., Ozheredova A. Yu., Pis'mennaya E. V., Kotova A. S. Monitoring vliyaniya sistem pitaniya ozimoj pshenicy i kukuruzy na urozhajnost' i kachestvo zerna // Plodorodie. 2025. № 6 (147). S. 23–28. DOI 10.25680/S19948603.2025.147.04. EDN EKSCOY.

Сведения об авторах

Александр Николаевич Есаулко – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений, директор института агробиологии и природных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 5497-6339.

Алена Юрьевна Ожередова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрохимии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 3968-8440.

Елена Вячеславовна Письменная – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры землеустройства, кадастра и ландшафтной архитектуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 2770-2383.

Иван Юрьевич Вдовыдченко – аспирант кафедры агрохимии и физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», spin-код: 4238-3907.

Ольга Андреевна Шевченко – магистрант института агробиологии и природных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет».

Information about the authors

Aleksandr N. Esaulko – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Director of the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 5497-6339.

Alena Yu. Ozheredova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 3968-8440.

Elena V. Pismennaya – Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Land Management, Cadastre and Landscape Architecture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 2770-2383.

Ivan Yu. Vdovydchenko – postgraduate student of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", spin-code: 4238-3907.

Olga A. Shevchenko – Master's student at the Institute of Agrobiology and Natural Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University".

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.