

Рис. УДК 631.4

DOI: 10.18522/2308-9709-2025-52-3

Влияние жидких минеральных удобрений на азотный режим чернозема при возделывании озимой пшеницы по технологии no-till

Мокрикова А. Г.¹, Бирюкова О. А.¹, Калашников Н. Д.¹

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия;

mokrikova@sfedu.ru

Аннотация

Статья посвящена оценке влияния жидких минеральных удобрений на динамику минерального азота в черноземе обыкновенном при выращивании озимой пшеницы по ресурсосберегающей почвозащитной технологии no-till за 2023–2024 гг. В производственном опыте использовали ЖКУ 11:37 в дозах 100, 150 и 200 л/га на фоне двух подкормок КАС-32 в фазы весеннего кушения и выхода в трубку по 200 и 150 л/га соответственно. Применение КАС-32 и ЖКУ 11:37 в посевах озимой пшеницы позволяет улучшить азотный режим чернозёма обыкновенного и полнее реализовать генетический потенциал высокоурожайного сорта Алексеич. Максимальная урожайность получена при внесении ЖКУ в дозе 200 л/га на фоне двух подкормок – 36,9 ц/га, что на 62,0 % выше контроля. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости применения ЖКУ и КАС для повышения продуктивности агроценозов озимой пшеницы в системе no-till.

Ключевые слова: жидкие минеральные удобрения, озимая пшеница, чернозем, no-till, азотный режим, аммонийный азот, нитратный азот, урожайность.

Eng.

The effect of liquid mineral fertilizers on the nitrogen regime of chernozem in the cultivation of winter wheat using no-till technology

Mokrikova A. G.¹, Biryukova O. A.¹, Kalashnikov N. D.¹

¹*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia; mokrikova@sfedu.ru*

Annotation

The article is devoted to the assessment of the effect of liquid mineral fertilizers on the dynamics of mineral nitrogen in ordinary chernozem when growing winter wheat using the resource-saving soil-protective no-till technology for 2023-2024. In the production experiment, LCF 11:37 was used at doses of 100, 150 and 200 l / ha against the background of two top dressings of CAM -32 in the spring tillering and tube emergence phases of 200 and 150 l / ha, respectively. The use of CAM -32 and LCF 11:37 in winter wheat crops allow to improve the nitrogen regime of ordinary chernozem and more fully realize the genetic potential of the high-yielding Alekseich variety. The maximum yield was obtained with the application of LCF at a dose of 200 l / ha against the background of two top dressings - 36.9 c / ha, which is 62.0% higher than the control. The results of the study indicate the need to use liquid fertilizers and urea nitrogen to increase the productivity of winter wheat agrocenoses in the no-till system.

Keywords: liquid mineral fertilizers, winter wheat, chernozem, no-till, nitrogen regime, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, yield.

Введение

Азот является одним из наиболее важных элементов питания для всех растений. Содержание и особенности процессов трансформации этого элемента служат важным показателем направленности процессов почвообразования и экологической нагрузки на агроэкосистемы (Минеев, 2017; Битюцкий, 2021). Исследованиями И. М. Шапошниковой (2004), А. В. Лабынцева (2002), О. А. Бирюковой и др., (2010), А. А. Новикова (2020) достаточно хорошо изучено азотное состояние почв Нижнего Дона при использовании традиционных агротехнологий.

Особенностью современного этапа развития земледелия является активное внедрение ресурсосберегающих почвозащитных технологий, в том числе и no-till. При ее использовании сев проводится по стерне и мульчирующему слою предшествующей культуры, в борозды или ленты на достаточную для Мокрикова А. Г., Бирюкова О. А., Калашников Н. Д., Влияние жидких минеральных удобрений на азотный режим чернозема при возделывании озимой пшеницы по технологии no-till // «Живые и биокосные системы». – 2025. – № 52; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-52/article-3>; DOI: 10.18522/2308-9709-2025-52-3

заделки семян глубину. Технология получила широкое применение за рубежом, особенно в Аргентине, США и Бразилии (Беляева, 2013). Основными преимуществами технологии no-till перед классическими технологиями являются: снижение водной и ветровой эрозии почв, накопление и сохранения влаги в корнеобитаемом слое; уменьшение колебаний почвенной температуры (дневной и сезонной); улучшение плодородия почв; снижение расхода горюче-смазочных материалов на 50-70% по сравнению с плужной технологией, снижение количества задействованных сельскохозяйственных машин примерно в два раза, снижение трудозатрат в 3-4 раза; после третьего года применения технологии на 20-30% снижается расход средств защиты растений, минеральных удобрений и гербицидов (Батурин, 2007; Мокриков и др., 2017; Дридигер и др., 2024).

Для оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур большой интерес в последние годы вызывает применение жидких удобрений.

Преимущества применения жидких минеральных удобрений (ЖМУ) заключаются в следующем: более доступные «готовые» для растений формы действующих веществ; выше концентрация действующего вещества; меньше потребности во влаге; максимально высокая степень равномерности внесения; универсальность; более высокая экологичность (Тишков, Еремин, 2020; Милюткин и др., 2022; Уфимцев и др., 2022). При этом азотный режим черноземов при внесении ЖМУ в системе no-till остается недостаточно исследованным, а по ряду вопросов имеются лишь отдельные сведения.

Цель работы – оценка влияния ЖМУ на содержание минерального азота в чернозёме обыкновенном карбонатном при возделывании озимой пшеницы по технологии no-till.

Объекты и методы

Исследования проводили на базе ИП Мокриков В.И. Октябрьского района Ростовской области (рис.1). Преобладающими почвами на этой территории являются черноземы обыкновенные карбонатные различной мощности и степени эродированности. Исследуемая почва – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, по классификации почв России (2004) – черноземы миграционно-сегрегационные. Эти почвы формируются преимущественно на лессовидных

легких глинах и тяжелых суглинках, реже – на красно-бурых глинах и суглинках (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков и др., 2012).

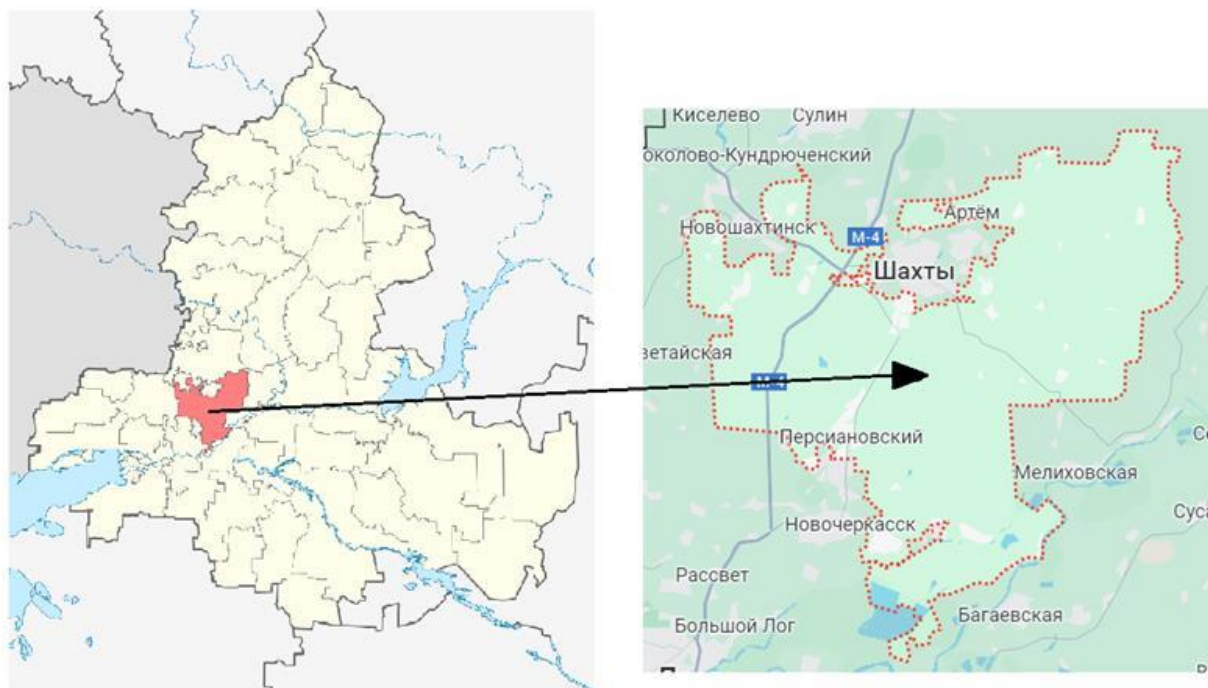


Рис. 1 – Район исследования

Опытная культура – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), сорт Алексеич. Этот сорт включён в Госреестр по Центрально-Чернозёмному и Северо-Кавказскому регионам. Рекомендован для возделывания в Белгородской области, Северной и Южно-Предгорной зонах Краснодарского края, Приазовской и Южной зонах Ростовской области, Ставропольском крае и Республике Адыгея. Среднеспелый. Вегетационный период – 228–279 дней. Зимостойкость и морозостойкость – выше средней. Высота растений – 77–96 см. Устойчив к полеганию, к болезням. Норма высева 3–4 млн всхожих семян на 1 га (<https://glavagronom.ru>).

Анализ метеорологических условий в 2023–2024 гг. показывает, что среднесуточная температура воздуха в октябре 2023 года составила 10 °С. Известно, что потребность пшеницы в тепле меняется в течение периода вегетации. Семена озимой пшеницы начинают прорастать при температуре 1–2 °С, но при низких температурах процесс прорастания идет очень медленно. Для быстрого прорастания семян необходима сравнительно высокая температура, в среднем 12–14 °С (Машарипов, 2023). В марте, апреле и июне

2024 года температура воздуха составила 4,4, 16,4, 24,5 °С соответственно, что на 1,4, 5,9 и 2,9 °С выше, чем среднемноголетнее значение (рис. 2).

Сумма осадков в октябре 2023 года составила 51,1 мм и была больше на 17,4 мм, чем среднемноголетние данные. Пшеница во время вегетации относительно требовательна к влаге. Это объясняется как высоким коэффициентом транспирации, так и тем фактом, что она вследствие своего позднего роста и развития не в состоянии использовать в полной мере зимние запасы влаги. Озимая пшеница лучше других культур переносит осенний посев во влажную почву и весеннее переувлажнение. Из-за относительно слабо развитой корневой системы и чувствительности к кратковременным периодам засухи она предпочитает почвы, способные накапливать и задерживать влагу (Шпаар, 2008).

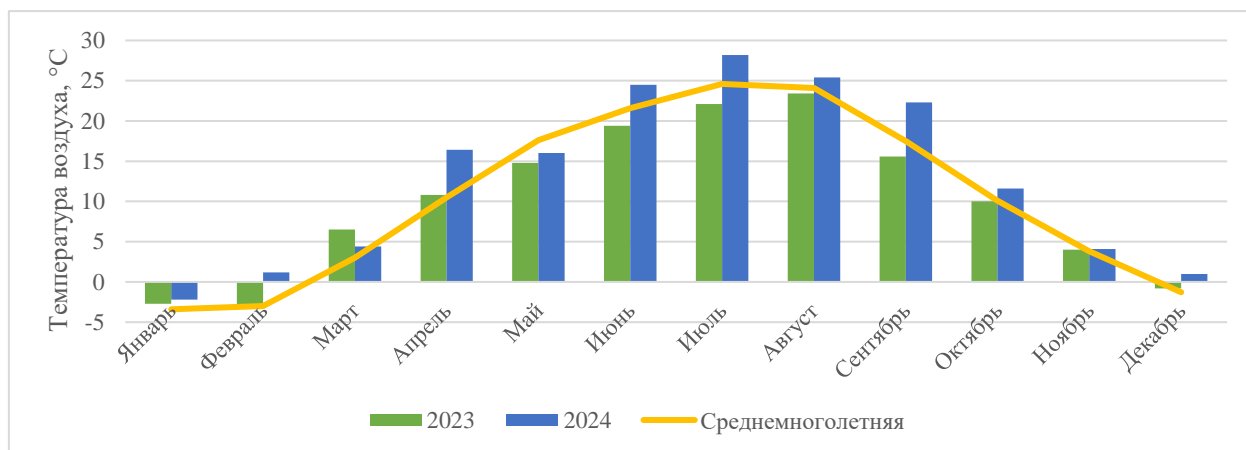


Рис. 2 – Температура воздуха в период вегетации озимой пшеницы за 2023–2024 гг.

В марте, апреле и июне 2024 года отмечен острый недостаток влаги. Осадков в эти месяцы выпало соответственно 7,0, 5,0 и 1,7 мм, что значительно меньше, чем среднемноголетние показатели на 28,4, 24,3, 59,2 мм (рис 3). При дефиците влаги в этот период растения озимой пшеницы не успевают сформировать достаточное количество биологической массы. Накопление питательных элементов происходит не в полной мере (Федащук, 2022).

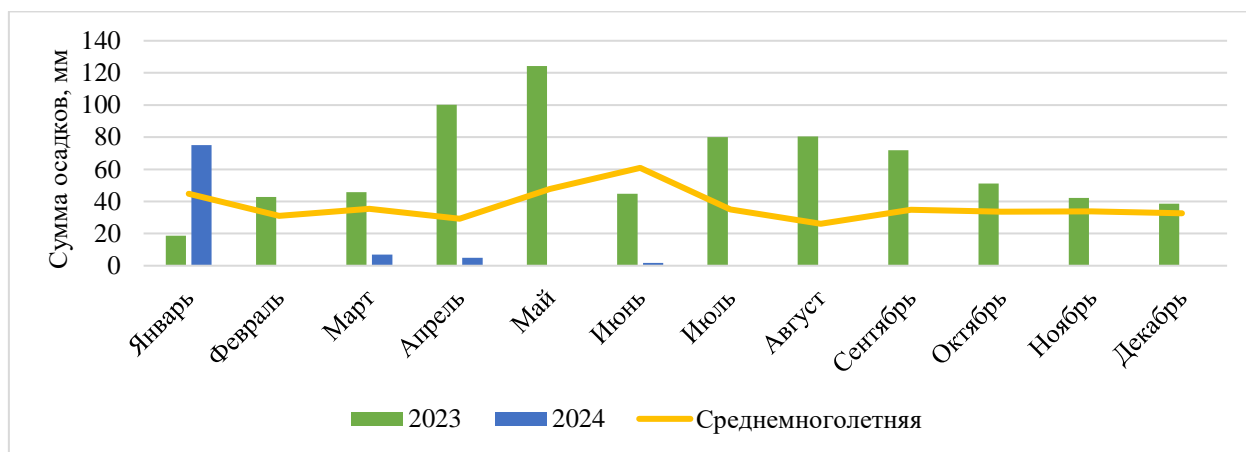


Рис. 3 – Сумма осадков в период вегетации озимой пшеницы за 2023–2024 гг.

Относительная влажность воздуха в октябре 2023 года составляла 72 %, что на 2 % выше, чем среднемноголетние данные. В марте, апреле и июне 2024 года рассматриваемый показатель составил 70, 58, 55 % соответственно при среднемноголетних значениях 77, 63 и 58 % (рис. 4).

Исходя из метеорологических данных, можно сделать вывод, что 2024 год был неблагоприятным для развития озимой пшеницы.

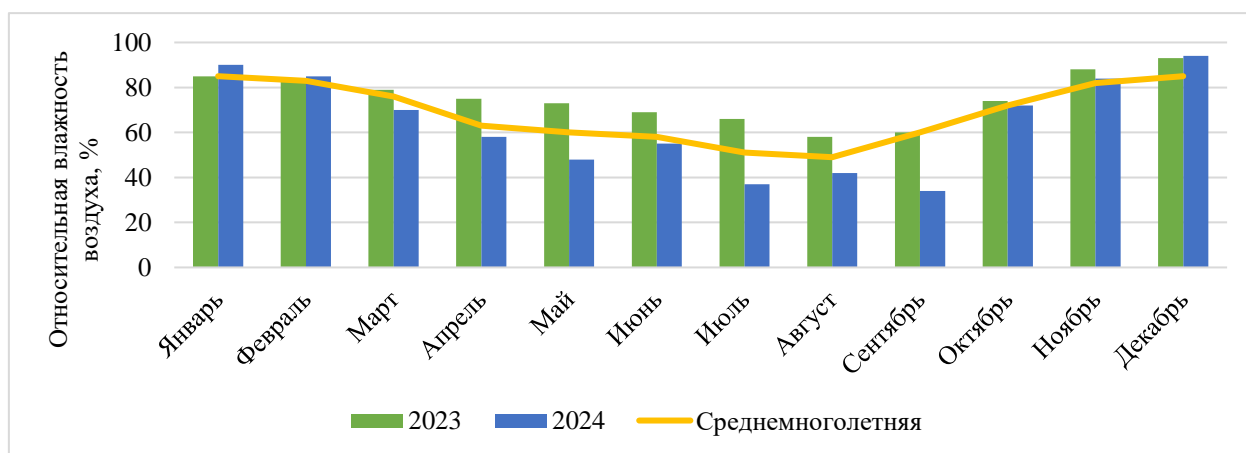


Рис. 4 – Относительная влажность воздуха в период вегетации озимой пшеницы за 2023–2024 гг.

Опыт проводили на поле площадью 97 га, предшественник – кориандр. Удобрения ЖКУ 11:37 применяли согласно схеме опыта: 1) контроль без удобрений; 2) ЖКУ 100 л/га; 3) ЖКУ 150 л/га; 4) ЖКУ 200 л/га. ЖКУ вносили при посеве, а в фазы весеннего кущения и выхода в трубку проведена подкормка КАС-32 в дозе 200 и 150 л/га соответственно. Образцы

почвы (слои 0–10 и 10–20 см) в посевах озимой пшеницы отбирали в фазы осеннего и весеннего кушения, начала выхода в трубку и полной спелости.

Анализ почвенных образцов проведен с использованием следующих методов: отбор проб и подготовка почвы к анализу – ГОСТ Р 58595–2019; определение нитратного азота – потенциометрическим методом с ионоселективными электродами по ГОСТ 26951–86; обменного аммония по методу ЦИНАО – ГОСТ 26489-85.

Корреляционный и дисперсионный анализы полученных результатов проводили в пакете программ STATISTICA 13.3 с 5 % уровнем значимости ($p < 0.05$).

Результаты и обсуждение

Полученные данные показывают, что обеспеченность почвы аммонийным азотом на контроле по всем срокам отбора образцов очень низкая (Гамзиков, 2018). В фазу осеннего кушения при повышении дозы удобрений в слое 0–10 см наблюдалось увеличение аммонийного азота. Наибольшее количество рассматриваемого показателя выявлено при применении ЖКУ 200 л/га. В этом варианте отмечено существенное увеличение аммонийного азота и в слое 10–20 см. Недостаток влаги в фазу весеннего кушения, по-видимому, привел к замедлению процессов аммонификации. Содержание аммонийного азота в этот период было на уровне контроля и ниже. Проведение некорневой подкормки привело к существенному повышению количества аммонийного азота в фазу выхода в трубку при внесении удобрений за исключением варианта ЖКУ 200 л/га. В указанном варианте содержание $N-NH_4$ практически не изменилось относительно контроля за счет интенсивного использования растениями, о чем свидетельствует максимальная урожайность озимой пшеницы.

В фазу полной спелости при сокращении потребления азота растениями озимой пшеницы выявлено увеличение $N-NH_4$ во всех слоях почвы по сравнению с контролем. Наибольшее повышение рассматриваемого показателя было при внесении ЖКУ в дозе 100 л/га. В слое почвы 0–10 см содержание аммонийного азота составило 3,02 мг/кг, что на 58 % больше относительно контроля. В слое 10–20 см разница с контролем достигла 84 % (рис. 5–6). При внесении повышенной дозы ЖКУ (200 л/га) содержание $N-NH_4$ было на уровне контрольного варианта.

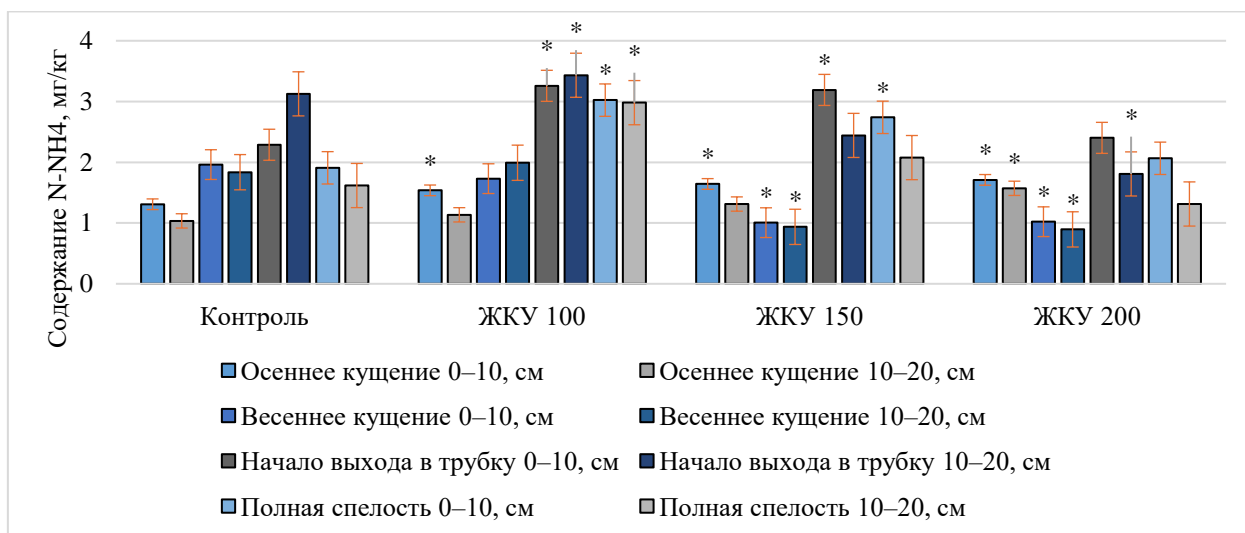


Рис. 5 – Содержание аммонийного азота в почве под озимой пшеницей при внесении удобрений, мг/кг (* - достоверно значимое отличие от контроля при $p < 0,05$)

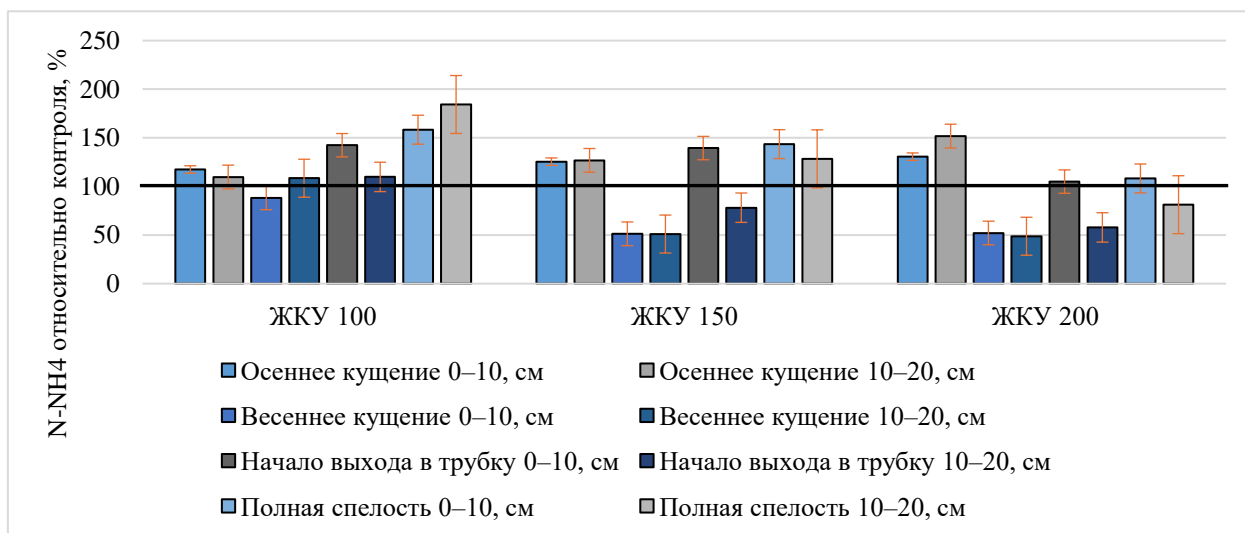


Рис. 6 – Изменение содержания аммонийного азота в почве под озимой пшеницей при внесении удобрений, мг/кг (—100 % содержание элемента на контроле)

Несмотря на указанные изменения, обеспеченность почвы аммонийным азотом при внесении ЖКУ во всех изучаемых дозах (100, 150 и 200 л/га) на фоне двух подкормок КАС остается на очень низком уровне (Гамзиков, 2018). Дефицит влаги в период вегетации озимой пшеницы снижал интенсивность процессов азотного цикла – аммонификации и нитрификации.

Обеспеченность почвы нитратным азотом, как и аммонийным, на контроле очень низкая (Гамзиков, 2018). Применение удобрений значительно

увеличивало содержание N-NO₃ в почве (рис. 7–8). Следует отметить, что влияние удобрений на интенсивность процесса нитрификации определялось не только их свойствами, но и дозой внесения.

Максимальное содержание нитратного азота в течение всего периода вегетации выявлено при применении ЖКУ 200 л/га с двумя подкормками КАС. Рассматриваемый показатель увеличился на 15–18 % при сравнении с контролем (рис. 8). Указанные изменения выявлены и в слое 10–20 см. При этом обеспеченность почвы этим элементом, как и на контроле, низкая, что обусловлено поглощением растениями озимой пшеницы. А в осенний период при достаточном количестве осадков и возможным промыванием нитратов в более глубокие слои почвенного профиля.

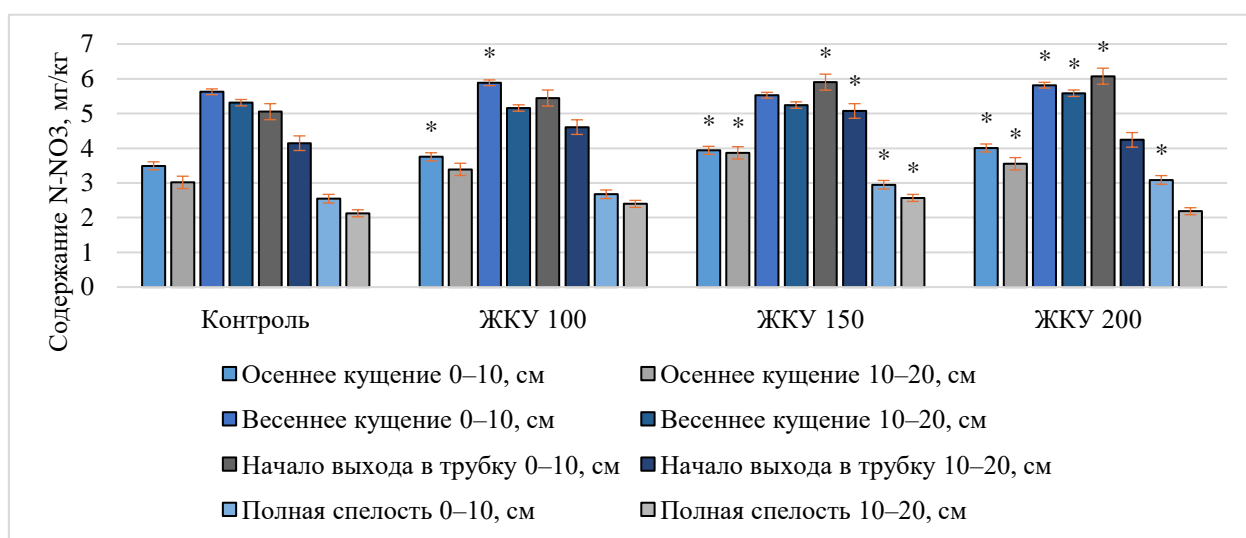


Рис. 7 – Содержание нитратного азота в почве под озимой пшеницей при внесении удобрений, мг/кг (* - достоверно значимое отличие от контроля при $p < 0,05$)

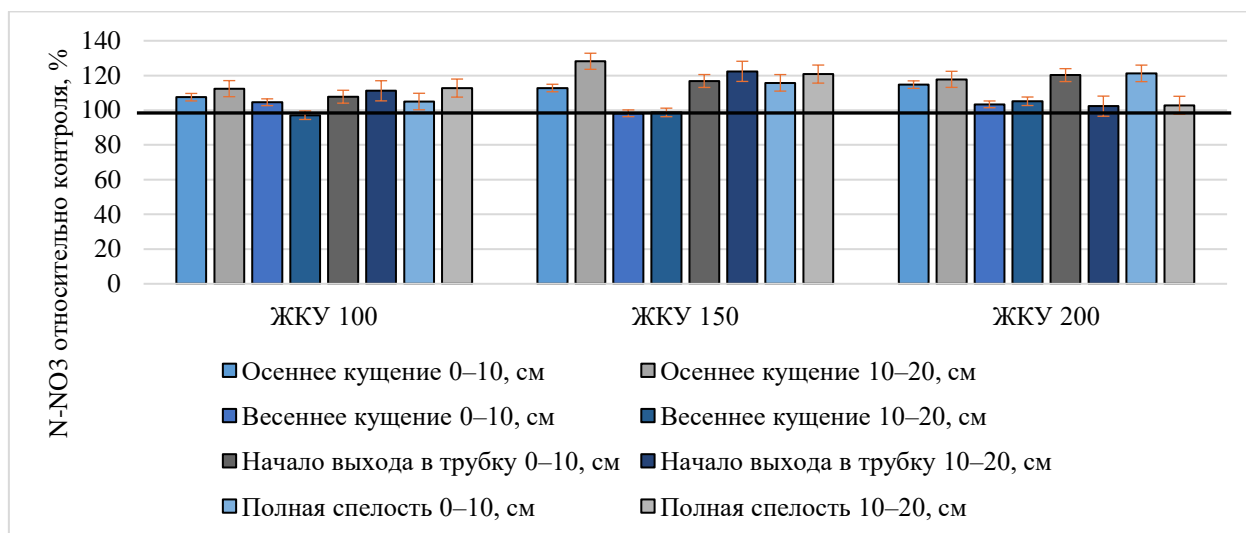


Рис. 8 – Изменение содержания нитратного азота в почве под озимой пшеницей при внесении удобрений, мг/кг (—100 % содержание элемента на контроле)

Анализируя урожайность озимой пшеницы по вариантам производственного опыта, необходимо отметить, что минимальной она была на контроле – 22,8 ц/га (рис. 9).

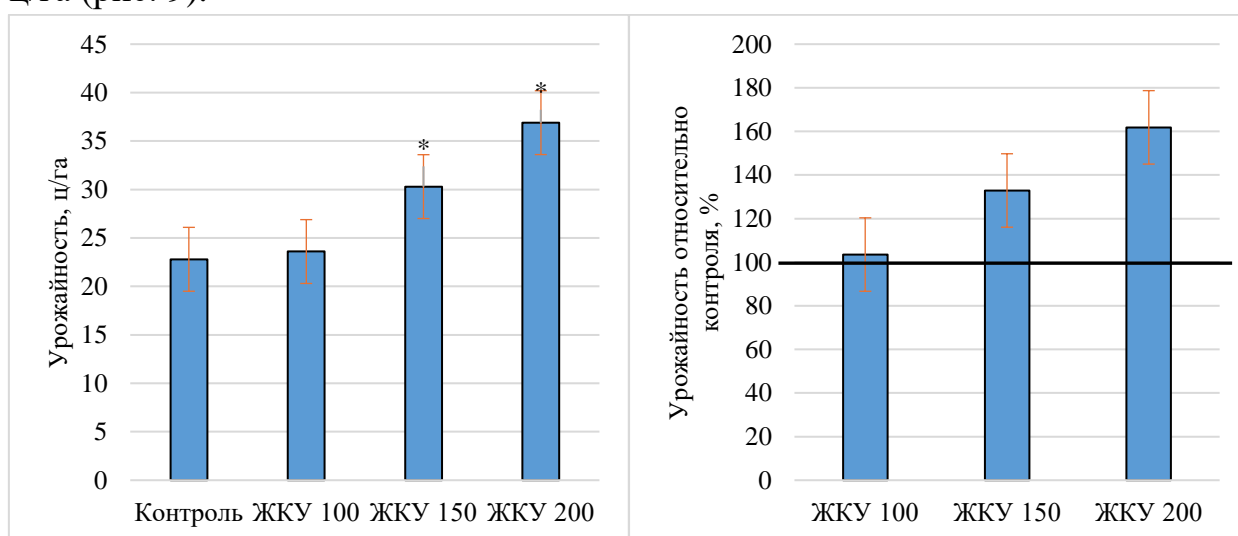


Рис. 9 – Урожайность озимой пшеницы при внесении удобрений, ц/га (* - достоверно значимое отличие от контроля при $p < 0,05$)

При внесении ЖКУ в дозе 100 л/га урожайность озимой пшеницы увеличилась на 0,8 ц/га. Дисперсионный анализ показал, что это изменение не существенно. Увеличение дозы ЖКУ на фоне двух подкормок КАС-32 привело к математически значимому повышению уровня урожайности

озимой пшеницы. Наиболее высокий положительный эффект от удобрений получен при использовании максимальной дозы ЖКУ – 200 л/га, прибавка урожайности составила 62,0 % по сравнению с контролем. Несмотря на указанные изменения, в неблагоприятных погодных условиях 2024 года не было достигнуто потенциально возможной урожайности данного сорта. По данным оригинатора, потенциал продуктивности высокий – 130 ц с 1 га. Средняя урожайность данного сорта в Центрально-Чернозёмном регионе была 47,1 ц/га, в Северо-Кавказском – 59,0 ц/га (<https://glavagronom.ru>).

Повышение дозы ЖКУ при возделывании озимой пшеницы по нулевой технологии оказалось целесообразным. Полученные результаты согласуются с исследованиями Е.Д. Федачук с соавторами (2022), проведенными в условиях степных агроландшафтов Краснодарского края. По их данным, эффективность ЖКУ 11:37 высокая, их применение на черноземе выщелоченном может обеспечить прибавку урожая озимой пшеницы более 70,0 %.

Для установления зависимости урожайности озимой пшеницы от содержания минерального азота в почве и растениях был проведен корреляционный анализ. Высокая положительная связь установлена между урожайностью исследуемой культуры и содержанием нитратного азота в почве: $r = 1,00, 0,95, 0,78$ соответственно по слоям 0–10, 10–20 см и в целом для слоя (0–20 см) в среднем по исследуемым фазам развития растений озимой пшеницы. Между урожайностью озимой пшеницы и содержанием аммонийного азота выявлена отрицательная связь. Это свидетельствует о высокой нитрификационной способности изучаемой почвы и интенсивном использовании нитратного азота растениями озимой пшеницы при формировании урожая.

Заключение

Применение жидких минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы сорта Алексеич по технологии no-till способствует увеличению минерального азота в черноземе обыкновенном карбонатном (слои 0–10 и 10–20 см). Улучшение азотного питания растений при внесении удобрений способствовало получению большей урожайности. Корреляционный анализ выявил высокую положительную зависимость урожайности озимой пшеницы от содержания нитратного азота в почве: $r = 1,00, 0,95, 0,78$ соответственно по слоям 0–10, 10–20 см и в целом для слоя (0–20 см). Максимальный эффект установлен при использовании ЖКУ 11:37 в дозе 200 л/га с двумя

подкормками КАС-32 по 200 и 150 л/га в фазы весеннего кущения и выхода в трубку соответственно. Урожайность озимой пшеницы в этом варианте составила 36,9 ц/га против 22,8 ц/га на контроле.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030").

Список использованных источников

Батурин В. No-till: шаг к идеальному земледелию. – Киев: Изд-во «Зерно», 2007. – 128 с.

Безуглова О. С., Хырхырова М. М. Почвы Ростовской области: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. – 352 с.

Беляева О. Н. Система No-till и ее влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 16–18.

Бирюкова О. А., Ельников И. И., Крыщенко В. С. Оперативная диагностика питания растений. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2010. – 168 с.

Битюцкий Н. П. Микроэлементы высших растений. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2021. – 368 с.

Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Почвы Ростовской области: генезис, география и экология. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2012. – 316 с.

Гамзиков Г. П. Почвенная диагностика азотного питания растений и применения азотных удобрений в севооборотах // Плодородие. – 2018. – № 1 (100). С. 8–14.

ГОСТ 26489–85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 5 с.

ГОСТ 26951–86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 10 с.

ГОСТ Р 58595–2019 Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.

Дридигер В. К., Иванов А. Л., Кулинцев В. В. Чернозем обыкновенный прямой посев, Ставропольский край. Опыт, две ротации. – Ставрополь: ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», 2024. – 337 с.

Лабынцев А. В. Сохранение плодородия чернозема обыкновенного Северного Кавказа и повышение продуктивности пашни: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Рассвет, 2002. – 44 с.

Машарипов А. А. Влияние климатических факторов на рост и развитие озимой пшеницы // *Universum: химия и биология*. – 2023. – № 12–1 (114). С. 45–48.

Милюткин В. А., Иванов В. А., Попов А. В. Перспективные инновационные техника и технологии для внесения жидких азотных минеральных удобрений КАС // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2022. – № 1. – С. 38–47.

Минеев В. Г., Сычев В. Г., Гамзиков Г. П. и др. *Агрохимия: учебное пособие*. – М.: ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

Мокриков Г. В., Казеев К. Ш., Акименко Ю. В., Мясникова М. А., Колесников С. И. Влияние технологии No-Till на эколого-биологическое состояние почв. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2017. – 140 с.

Новиков А. А. Азот и его фракционный состав в черноземе обыкновенном Ростовской области при внесении удобрений // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. – 2020. – № 2 (38). – С. 140–150.

Пшеница Алексеич от НЦЗ им. П. П. Лукьяненко [Электронный ресурс] // *ГлавАгроном*. – URL: <https://glavagronom.ru/base/seeds/zernovie-pshenica-myagkaya-ozimaya-alekseich-ncz-im.p.p.lukyankenko> (дата обращения: 25.01.2025).

Тишков Н. М., Ерёмин Г. И. Эффективность применения жидких комплексных удобрений под подсолнечник на чернозёмах Краснодарского края // *Масличные культуры*. – 2020. – Вып. 2 (182). – С. 51–61.

Уфимцев А. Е., Уфимцева М. Г., Абрамов Н. В. и др. Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2022. – № 4 (96). – С. 18–23.

Федащук Е. Д. и др. Оценка эффективности минеральных удобрений в посевах озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения степных агроландшафтов Западного Предкавказья // *Политематический сетевой*

электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 180. – С. 258–266.

Шапошникова И. М. Плодородие почв Юга России. – Ростов-на-Дону, 2004. – 230 с.

Шишов Л. Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация и диагностика почв России - Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

References

Baturin, V. (2007). No-till: A step towards ideal agriculture. Kyiv: Zerno Publishing. (in Rus.)

Bezuglova, O. S., & Kyrkyrova, M. M. (2008). Soils of Rostov Oblast: Textbook. Rostov-on-Don: Southern Federal University Press. (in Rus.)

Belyaeva, O. N. (2013). No-till system and its impact on soil and fertilizer nitrogen availability: Experience summary. Zemledelie [Agriculture], 7, 16-18. (in Rus.)

Biryukova, O. A., Elnikov, I. I., & Kryshchenko, V. S. (2010). Operational diagnosis of plant nutrition. Rostov-on-Don: Southern Federal University Press. (in Rus.)

Bitvutskiy, N. P. (2021). Micronutrients of higher plants (2nd ed.). St. Petersburg: Saint Petersburg University Press. (in Rus.)

Valkov, V. F., Kazeev, K. Sh., & Kolesnikov, S. I. (2012). Soils of Rostov Oblast: Genesis, geography and ecology. Rostov-on-Don: Southern Federal University. (in Rus.)

Gamzikov, G. P. (2018). Soil diagnostics of plant nitrogen nutrition and nitrogen fertilizer application in crop rotations. Plodorodie [Soil Fertility], 1(100), 8-14. (in Rus.)

GOST 26489-85. (1985). Soils. Determination of exchangeable ammonium by TsINAO method. Moscow: Standards Publishing. (in Rus.)

GOST 26951-86. (1986). Soils. Determination of nitrates by ionometric method. Moscow: Standards Publishing. (in Rus.)

GOST R 58595-2019. (2019). Soils. Sampling. Moscow: Standartinform. (in Rus.)

Dridiger, V. K., Ivanov, A. L., Kulinchev, V. V., et al. (2024). Ordinary chernozem with direct seeding, Stavropol Territory: Experience of two rotations. Stavropol: North Caucasian Federal Scientific Center. (in Rus.)

Labyntsev, A. V. (2002). Preservation of ordinary chernozem fertility in North Caucasus and improvement of arable land productivity [Abstract of doctoral dissertation]. Rassvet. (in Rus.)

Masharipov, A. A. (2023). Influence of climatic factors on winter wheat growth and development. *Universum: Chemistry and Biology*, 12-1(114), 45-48. (in Rus.)

Milyutkin, V. A., Ivanov, V. A., & Popov, A. V. (2022). Promising innovative equipment and technologies for liquid nitrogen fertilizer (UAN) application. *Proceedings of Samara State Agricultural Academy*, 1, 38-47. (in Rus.)

Mineev, V. G., Sychev, V. G., Gamzиков, G. P., et al. (2017). *Agrochemistry: Textbook*. Moscow: Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry. (in Rus.)

Mokrikov, G. V., Kazeev, K. Sh., Akimenko, Yu. V., Myasnikova, M. A., & Kolesnikov, S. I. (2017). Impact of No-Till technology on ecological and biological soil conditions. Rostov-on-Don/Taganrog: Southern Federal University Press. (in Rus.)

Novikov, A. A. (2020). Nitrogen and its fractional composition in ordinary chernozem of Rostov region under fertilizer application. *Scientific Journal of Russian Research Institute of Land Reclamation Problems*, 2(38), 140-150. (in Rus.)

Wheat Alekseich from National Grain Center named after P.P. Lukyanenko [Online resource]. Retrieved January 25, 2025, from <https://glavagronom.ru/base/seeds/zernovie-pshenica-myagkaya-ozimaya-alekseich-ncz-im.p.p.lukyanenko> (in Rus.)

Tishkov, N. M., & Eremin, G. I. (2020). Efficiency of liquid complex fertilizers application for sunflower on chernozems of Krasnodar Territory. *Oil Crops*, 2(182), 51-61. (in Rus.)

Ufimtsev, A. E., Ufimtseva, M. G., Abramov, N. V., et al. (2022). Features of spring wheat mineral nutrition under insufficient moisture conditions. *Proceedings of Orenburg State Agrarian University*, 4(96), 18-23. (in Rus.)

Fedashchuk, E. D., et al. (2022). Evaluation of mineral fertilizers efficiency in winter wheat crops under insufficient moisture conditions in steppe agrolandscapes of Western Ciscaucasia. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University, 180, 258-266. (in Rus.)

Shaposhnikova, I. M. (2004). Soil fertility of Southern Russia. Rostov-on-Don. (in Rus.)

Shishov, L. L., Tonkonogov, V. D., Lebedeva, I. I., & Gerasimova, M. I. (2004). Classification and diagnostics of Russian soils. Smolensk: Oykumena. (in Rus.)

Статья поступила в редакцию 2 июня 2025 г.

Поступила после доработки 3 июня 2025 г.

Принята к печати 12 июня 2025 г.

Received June 2, 2025

Revised June 3, 2025

Accepted June 12, 2025