

Рис. УДК 631.4

DOI: 10.18522/2308-9709-2025-51-6

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

Илюшечкин В. А.¹, Бирюкова О. А.¹

¹*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия;*
vital2018@mail.ru

Аннотация

В статье приведены результаты исследований по изучению влияния жидких минеральных удобрений на содержание аммонийного и нитратного азота в черноземе обыкновенном по фазам развития гороха за 2022–2023 гг. Установлено, что использование жидких минеральных удобрений (КАС-32 и ЖКУ 11:37) при выращивании гороха по технологии no-till способствует улучшению азотного режима чернозёма обыкновенного. Содержание аммонийного и нитратного азота в почве по фазам развития гороха зависит от вида жидких минеральных удобрений и их дозы. Наибольшее влияние на уровень минерального азота в почве оказывает совместное применение КАС и ЖКУ в дозе 100 л/га. Оптимальные условия азотного режима почвы на удобренных вариантах сохранялись на протяжении всего периода вегетации гороха, что подтверждает пролонгированный характер действия ЖКУ и КАС. Полученные результаты доказывают целесообразность применения жидких минеральных удобрений в целях повышения плодородия черноземов обыкновенных в системе no-till.

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

Eng.

The influence of liquid mineral fertilizers on the nitrogen regime of black soil during pea cultivation using no-till technology

Ilyushechkin V. A.¹, Biryukova O. A.¹

¹*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia;* vital2018@mail.ru

Annotation

The article presents the results of studies on the effect of liquid mineral fertilizers on the content of ammonium and nitrate nitrogen in ordinary chernozem by the phases of pea development for 2022–2023. It has been established that the use of liquid mineral fertilizers (CAM-32 and LCF 11:37) when growing peas using no-till technology helps to improve the nitrogen regime of ordinary chernozem. The content of ammonium and nitrate nitrogen in the soil by the phases of pea development depends on the type of liquid mineral fertilizers and their dose. The greatest impact on the level of mineral nitrogen in the soil is provided by the combined use of CAM and LCF at a dose of 100 l/ha. Optimum conditions of the soil nitrogen regime in the fertilized variants were maintained throughout the entire period of pea vegetation, which confirms the prolonged action of LCF and CAM. The results obtained prove the feasibility of using liquid mineral fertilizers to increase the fertility of ordinary chernozems in the no-till system.

Keywords: liquid mineral fertilizers, peas, chernozem, no-till, nitrogen regime, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen.

Введение

Устойчивое и экологически безопасное развитие земледелия на чернозёмных почвах, обладающих высоким естественным плодородием, требует постоянного мониторинга и разработки методов их сохранения и восстановления. Важным аспектом является сбалансированное использование минеральных и органических удобрений, основанное на понимании всех почвенных, агрохимических, экологических и агротехнических факторов, влияющих на корневое питание растений и интенсивность круговорота веществ в агроэкосистемах (Скируха и др., 2019).

Азот – один из наиболее важных для растений химических элементов. Присутствует повсеместно в свободном или связанном состоянии. Около 1 % азота в почве находится в легко усваиваемых для растений минеральных формах. Азот необходим для роста, образования белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла и других органических веществ (Taiz, 2010). Источником азота для высших растений являются минеральные формы – аммоний и нитраты. Содержание в почве как аммонийного, так и нитратного азота, изменяется в зависимости от почвенно-климатических условий выращивания, от вида растения, его возраста, а также агротехнических приемов возделывания (Минеев, 2017).

Бобовые культуры – один из важнейших источников биологического азота в земледелии, значение которого особенно возросло в последнее время (Молчанов и др., 2009). По сравнению с другими зернобобовыми горох менее требователен к почвенно-климатическим условиям, что и определило его широкое распространение. Под выращивание гороха в России, по данным Росстата, в 2023 году задействовано 1,993 млн гектаров. По сравнению с 2022 годом, площадь посевов гороха хозяйств всех категорий увеличилась на 23 %. Лидером по посевам среди федеральных округов РФ является Сибирский ФО, в котором сосредоточено 30 % посевных площадей. Также много гороха сеют в Приволжском ФО – 20 %. В Южном ФО горох по праву считается основной зернобобовой культурой, его посевы занимают 15 % от площади пашни. В хозяйствах Ростовской области горох сеют на площади 149 тыс. гектаров (<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>).

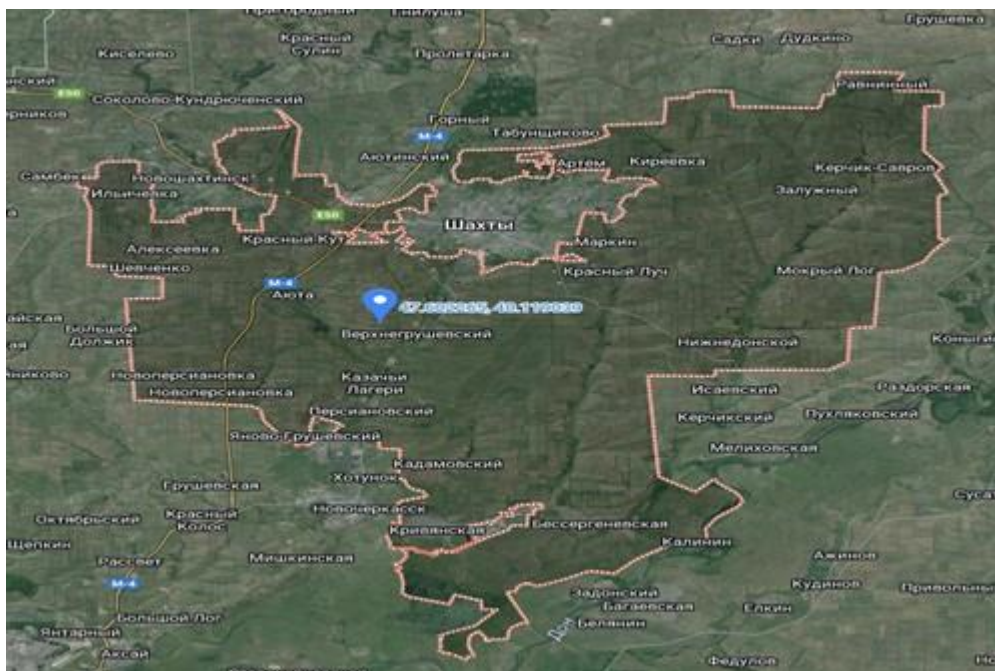
В системе агротехнических мероприятий по возделыванию гороха особо важное значение имеет применение удобрений, в том числе в жидкой форме. Жидкие минеральные удобрения (ЖМУ) имеют ряд преимуществ по сравнению с твердыми формами: они более эффективны в условиях засухи и

элементы питания находятся в доступном состоянии (Милюткина и др., 2020). При планировании системы удобрений под горох обязательно следует учитывать его способность к азотфиксации. По мнению В. А. Савельева (2018) и С. Hall et al. (2017) азотные удобрения следует применять в минимальных дозах. В то же время, для хорошего роста и развития растений они на первом и третьем этапах органогенеза должны быть хорошо обеспечены минеральным азотом, для чего нужно применять азотные удобрения. С. Н. Волков (2018) предупреждает, что большие дозы азотных удобрений могут вызвать чрезмерно большое содержание нитратов в зерне. При этом сами по себе нитраты являются резервным фондом азота для роста растений и не оказывают пагубного воздействия на ход формирования урожая.

Цель исследования – оценка влияния жидких минеральных удобрений на содержание аммонийного и нитратного азота в черноземе под горохом в системе no-till.

Объекты и методы

Исследования проводили на полях ИП «Мокриков В. И.» Октябрьского района Ростовской области. Длительность использования технологии no-till в указанном хозяйстве составляет 17 лет (рис.1). Преобладающими почвами на этой территории является черноземы обыкновенные карбонатные различной мощности и степени эродированности. Исследуемая почва – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Согласно классификации почв России (Шишов и др., 2004), почва относится к агрочерноземам миграционно-сегрегационным.



*Рис. 1 – Карта района проведения исследования
(<https://www.google.com/maps/place/>)*

Чернозем обыкновенный карбонатный (североприазовский) составляет основу почвенного покрова Приазовской наклонной равнины, простирающейся от Донецкого поднятия до берегов Азовского моря и реки Дон. В соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР» относится к теплой кратковременно-промерзающей фации (Егоров и др., 1977). Почвы представлены преимущественно глинистыми, реже тяжелосуглинистыми разновидностями. Сформированы они, большей частью, на лессовидных глинах и суглинках, редко – на желто-бурых структурных глинах. Верхняя часть профиля имеет темно-серую с бурым оттенком окраску, которая книзу постепенно светлеет и сменяется серо-бурым и бурым тоном. Мощность гумусовых горизонтов, чаще всего, 87–91 см, начало вскипания в карбонатных почвах – с поверхности, в некарбонатных – с 60–65 см. Карбонатная плесень начинается соответственно с 60 и 70 см, белоглазка появляется со 100–110 см. Гипс, в большинстве случаев, находится глубже 300 см, но встречается и на глубине 220–230 см (Безуглова, Хырхырова, 2008; Вальков и др., 2012). Содержание гумуса в пахотном слое составляет 4,6–4,7 %, а общие запасы его в гумусовых горизонтах – 345–385 т/га. Количество валового азота 0,20–0,25 %, фосфора – 0,11–0,16 %, калия – 2,3 %. Реакция почвенной среды в верхней части профиля слабощелочная (рН равно 8,0), в нижней – среднещелочная (рН – 8,0–8,5) (Ergina, Bezuglova, 2016).

Опытная культура – горох (*Pisum sativum*). В исследованиях использовали сорт гороха Стабил. Этот сорт включен в Госреестр по Центрально-Черноземному и Северо-Кавказскому регионам. Среднеспелый, вегетационный период 76–92 дня. Высота растений 60–114 см. Устойчивость к осыпанию высокая, к засухе – средняя – выше средней, до 1 балла превышает сорт Аксайский усатый 5. Сорт характеризуется высокой устойчивостью к полеганию. Восприимчив к аскохитозу, корневым гнилям, антракнозу, мучнистой росе. Высокий баланс продуктивности и качества зерна (<https://glavagronom.ru/base/seeds/zernobobovie-goroh-posevnoi-stabil-saatbau-9610195>).

По схеме агроклиматического районирования Ростовской области Октябрьский район относится к Приазовской зоне. Средне многолетняя сумма осадков составляет 468,0 мм, среднегодовая температура – +9,0 °С (Хрусталева и др., 2002). Полевые исследования были проведены в условиях производственных опытов в весенне-летний период 2022 и 2023 гг. Анализ метеорологических условий в 2022 году показывает, что среднесуточная температура с апреля по июль составляла 12, 14, 22 и 21,9 °С соответственно. В апреле и июне данный показатель выше, чем средне многолетнее значение на 1,5 и 0,4 °С соответственно. Сумма осадков с апреля по июль составила 52,9, 28,1, 11,3 и 31,3 мм соответственно и была меньше средне многолетних данных на 48,05, 16,75 и 24,4 мм в период с мая по июнь. Относительная влажность воздуха в период с апреля по июль составляла 67, 60, 50 и 52 % соответственно, что на 8 % меньше, чем средне многолетние показатели за июнь, и на 4 и 1 % выше за апрель и июль.

В 2023 году среднесуточная температура с апреля по июль составляла 10,8, 14,8, 19,4 и 22,1 °С соответственно. В апреле этот показатель выше, чем средне многолетнее значение на 0,3 °С, в период с мая по июль – ниже средне многолетних данных на 2,8, 2,2 и 2,5 °С. Сумма осадков в период с апреля по июль составила 100,2, 124,2, 44,8 и 80,1 мм соответственно. В апреле, мае и июле сумма осадков выше средне многолетних данных на 70,9, 76,4 и 45,1 мм, а в июне данный показатель ниже средне многолетней суммы осадков на 16,1 мм. В период с апреля по июль относительная влажность воздуха составляла 73, 73, 67 и 69 % соответственно, что на 10, 13, 9 и 18% выше средне многолетней влажности воздуха. По данным В. И. Зотикова и др. (2009), в условиях Ростовской области горох способен давать удовлетворительный урожай при минимальном выпадении с мая по июнь 130–140 мм осадков. Анализ погодных условий по годам исследования

Илющечкин В. А., Бирюкова О. А., Влияние жидких минеральных удобрений на азотный режим чернозема при возделывании гороха по технологии no-till // «Живые и биокосные системы». – 2025. – № 51; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-51/article-6>; DOI: 10.18522/2308-9709-2025-51-6

показал, что они различались, особенно по условиям увлажнения. Наиболее благоприятные условия отмечены в 2023 году (рис. 2–4).

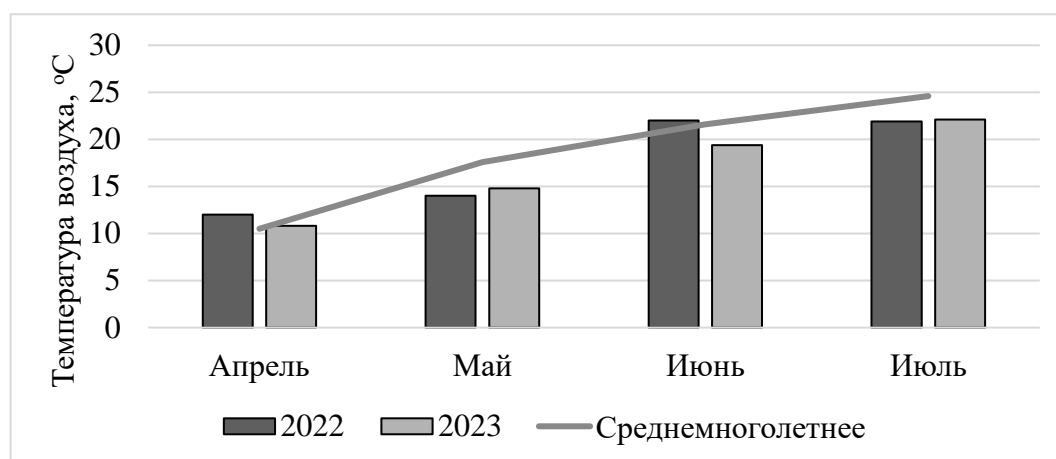


Рис. 2 – Температура воздуха в период вегетации гороха за 2022–2023 гг.

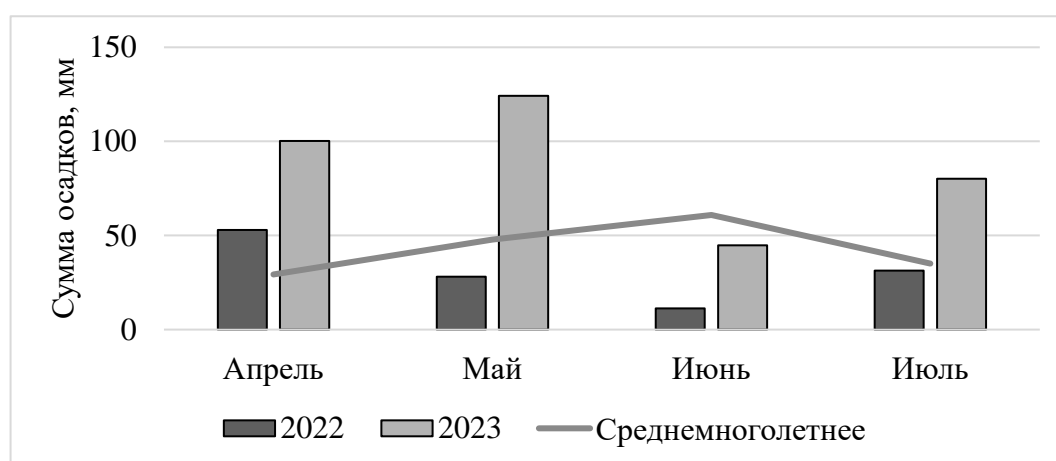


Рис. 3 – Сумма осадков в период вегетации гороха за 2022–2023 гг.

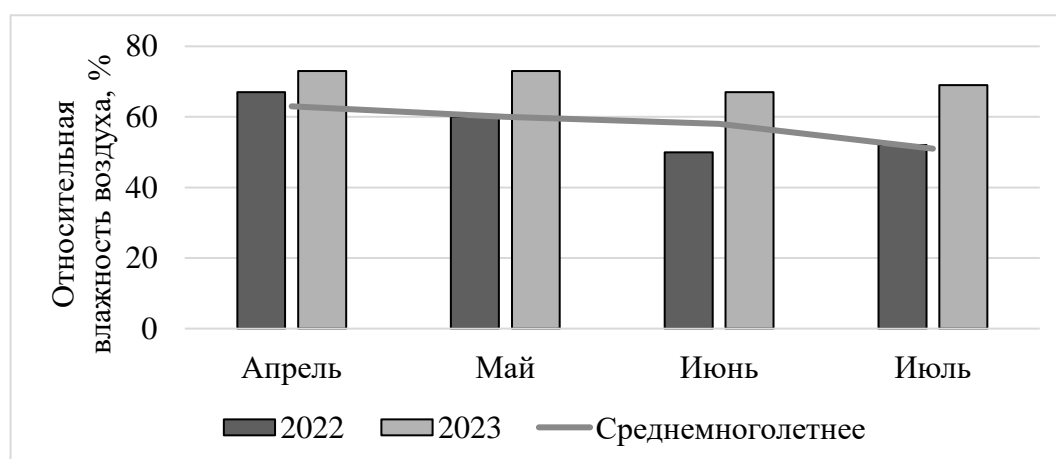


Рис. 4 – Относительная влажность воздуха в период вегетации гороха за 2022–2023 гг.

Повторность полевого опыта – трехкратная, площадь делянки – 1,0 га. Почвенные образцы (слои 0–10 и 10–20 см) отобраны по следующим фазам развития гороха: ветвление, цветение и полная зрелость (3 срока наблюдений). Опытные участки под разными культурами обрабатывались либо одним видом минерального удобрения, либо их комбинацией. В качестве удобрений использовали жидкое комплексное удобрение (ЖКУ (11:37)), карбамидно-аммиачную смесь (КАС-32) и карбамид (N46). Дозы внесения удобрений представлены в таблице 1.

Лабораторно-аналитические исследования азотного режима почвы были выполнены на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского. Для анализа образцов почвы использовали следующие методы: отбор проб и подготовка почвы к анализу – ГОСТ Р 58595–2019; определение нитратного азота – потенциометрическим методом с ионселективными электродами по ГОСТ 26951–86; аммонийного азота – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-85). Дисперсионный анализ полученных результатов проводили в пакете программ STATISTICA 13.3 с 5 % уровнем значимости ($P < 0.05$).

Таблица 1 – Схема опытов в 2022–2023 гг.

Год исследования	Вариант	
	Доза удобрений в ф.м.	Доза удобрений в д.в.
2022	Контроль	без удобрений
	ЖКУ 100 л/га	N15P52
	КАС 100 л/га	N42
	ЖКУ + КАС 100 л/га	N58P52
	ЖКУ + Карбамид 100 л/га	N43P52
2023	Контроль	без удобрений
	ЖКУ 50 л/га	N8P26
	КАС 50 л/га	N21
	ЖКУ 50 л/га +КАС 50 л/га	N29P26
	ЖКУ 100 л/га	N15P52
	КАС 100 л/га	N42
	ЖКУ 100 л/га +КАС 100 л/га	N57P52

Результаты и обсуждение

Исследование показало, что в условиях 2022 года интенсивность процесса аммонификации существенно повышается при внесении минеральных удобрений (рис. 5–6). Указанная закономерность наблюдалась в течение всего периода вегетации гороха в пределах изучаемых слоев почвы (0–10 и 10–20 см). Наибольшее количество аммонийного азота выявлено в почве при применении КАС. Так, в фазы ветвления и цветения гороха его содержание в

слое почвы 0–10 см составляет 13,35 и 11,63 мг/кг соответственно, что на 144,0 % больше по сравнению с контролем.

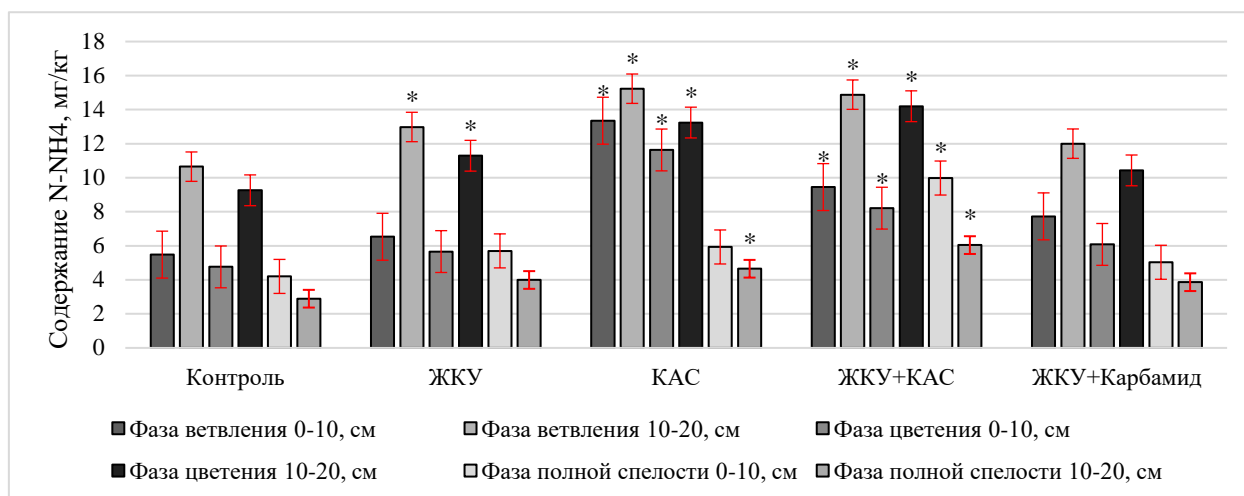


Рис. 5 – Содержание аммонийного азота в почве при внесении удобрений в 2022 г., мг/кг (* – достоверно значимое отличие от контроля при $p < 0,05$)

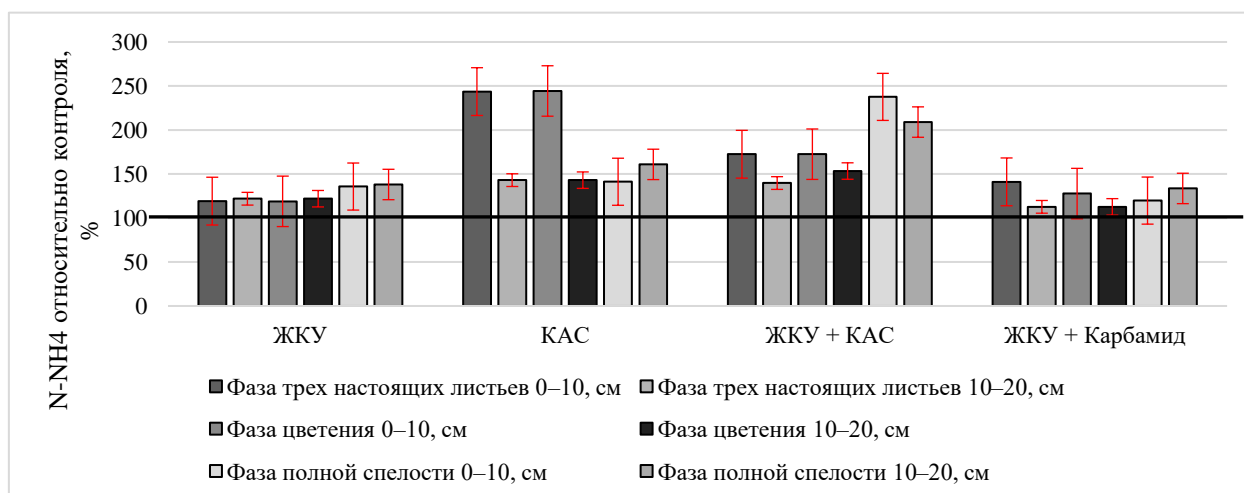


Рис. 6 – Изменение содержания аммонийного азота в почве при внесении удобрений в 2022 г., % (—100 % содержание элемента на контроле)

Однако обеспеченность растений аммонийным азотом характеризуется как низкая (Гамзиков, 2018), что вероятно обусловлено поглощением элемента растениями в процессе формирования урожая, а также высокой интенсивностью процесса нитрификации в исследуемых почвах (Бирюкова и др., 2010; Medvedeva et al., 2021).

Динамика нитратного азота аналогична изменениям содержания аммонийного азота по фазам развития гороха. Наибольшее содержание нитратного азота в почве во всех вариантах опыта отмечалось в ранний

период развития. По мере потребления азота растениями количество его снижалось, достигая минимума в фазу полной спелости (рис. 7–8).

Применение исследуемых минеральных удобрений способствовало увеличению содержания нитратного азота в почве, что подтверждается результатами дисперсионного анализа. Минимальное содержание нитратного азота отмечается на контрольном варианте во все исследуемые фазы развития гороха и характеризуется низкой степенью обеспеченности. Максимальное содержание нитратного азота в фазы ветвления и цветения выявлено в 4 варианте ЖКУ + КАС, при наибольших по опыту дозах азота и фосфора (N58P52) (рис. 7–8).

Необходимо подчеркнуть, что совместное применение ЖКУ и КАС повышает степень обеспеченности нитратным азотом до средней в фазы ветвления и цветения гороха. Существенное увеличение содержания нитратного азота установлено и при внесении карбамида на фоне ЖКУ, но меньше, чем в предыдущем варианте, что, вероятно, связано с особенностями используемых азотных удобрений: КАС и карбамид.

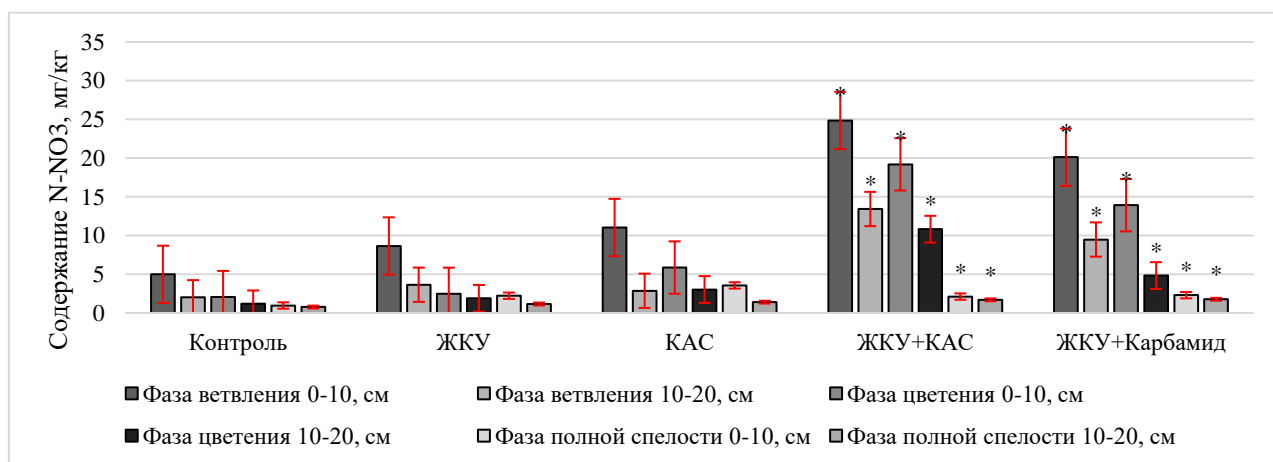


Рис. 7 – Содержание нитратного азота в почве при внесении удобрений в 2022 г., мг/кг (* – достоверно значимое отличие от контроля при $p < 0,05$)

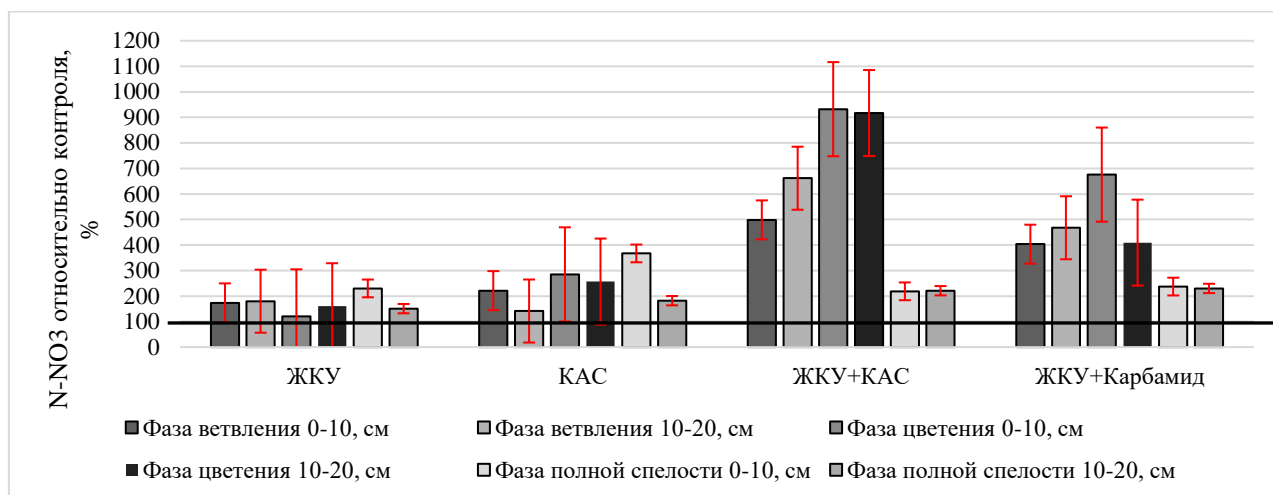


Рис. 8 – Изменение содержания нитратного азота в почве при внесении удобрений в 2022 г., % (—100 % содержание элемента на контроле)

Выявленные закономерности наблюдаются как в слое 0–10, так и в слое 10–20 см. При этом проявляется дифференциация содержания нитратного азота по слоям почвы. По всем фазам развития гороха содержание нитратного азота в слое 0–10 см больше, чем в слое 10–20 см, что характерно для используемой технологии (Ильченко, Бирюкова, 2023; Минникова и др., 2019).

В 2023 году минимальное содержание аммонийного азота отмечается на контрольном варианте во все исследуемые фазы развития гороха и характеризуется низкой степенью обеспеченности. Применение жидких минеральных удобрений (ЖКУ и КАС) повышает интенсивность процессов трансформации азота в почве, в том числе и процесса аммонификации, что подтверждается существенным увеличением содержания аммонийного азота (рис. 9–10).

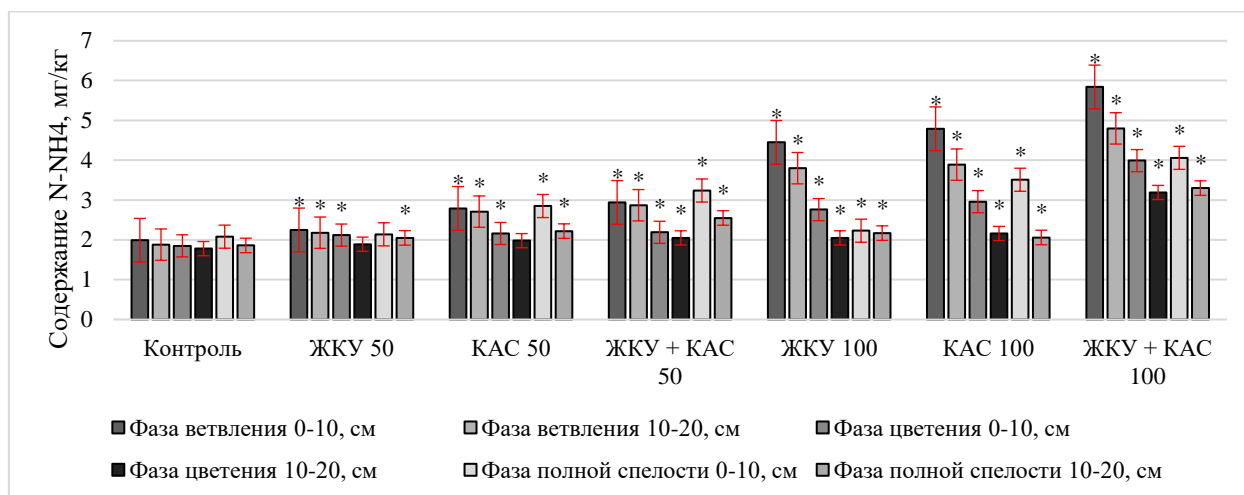


Рис. 9 – Содержание аммонийного азота в почве при внесении удобрений в 2023 г., мг/кг (* – достоверно значимое отличие от контроля при $p < 0,05$)

Указанная закономерность наблюдается в течение всего периода вегетации гороха как в поверхностном слое (0–10 см), так ниже по профилю почвы (10–20 см). Наибольшее количество аммонийного азота накапливается в почве при применении ЖКУ + КАС 100. Так, в фазы ветвления и цветения гороха его содержание в этом варианте в слое 0–10 см составляет 5,84 и 3,99 мг/кг соответственно, что на 294 % и на 116 % больше по сравнению с контролем (рис. 10).

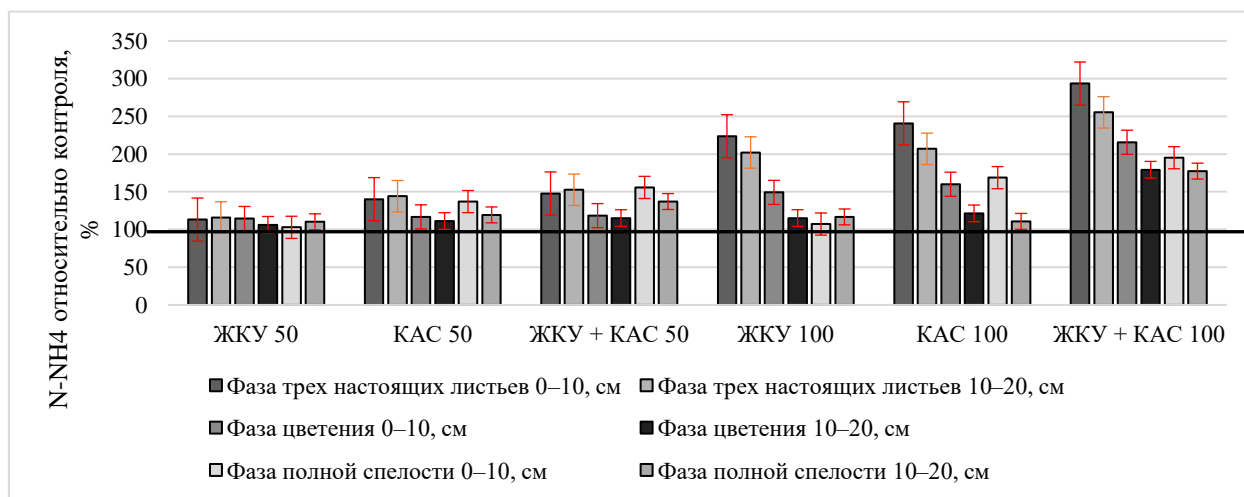


Рис. 10 – Изменение содержания аммонийного азота в почве при внесении удобрений в 2023 г., % (—100 % содержание элемента на контроле)

Следует отметить, что обеспеченность растений аммонийным азотом в течение вегетации гороха характеризуется как низкая, что обусловлено активным поглощением элемента растениями в процессе формирования

урожая. Кроме этого, при благоприятных погодных условиях 2023 года интенсивность процесса нитрификации возрастает.

Динамика содержания нитратного азота в рассматриваемый период исследований отличается от изменений этого элемента по фазам развития гороха в предыдущем 2022 году. Под горохом на всех вариантах выявлено снижение азота с фазы ветвления до минимальных значений в фазу цветения и повышение в фазу полной спелости (рис. 11–12). Указанная закономерность прослеживается в обоих исследуемых слоях почвы: и 0–10, и 10–20 см.

Минимальное содержание нитратного азота отмечается на контрольном варианте во все исследуемые фазы развития гороха и характеризуется низкой степенью обеспеченности. Максимальное содержание нитратного азота в фазу ветвления и полного созревания выявлено в варианте ЖКУ + КАС 100 (рис. 11).

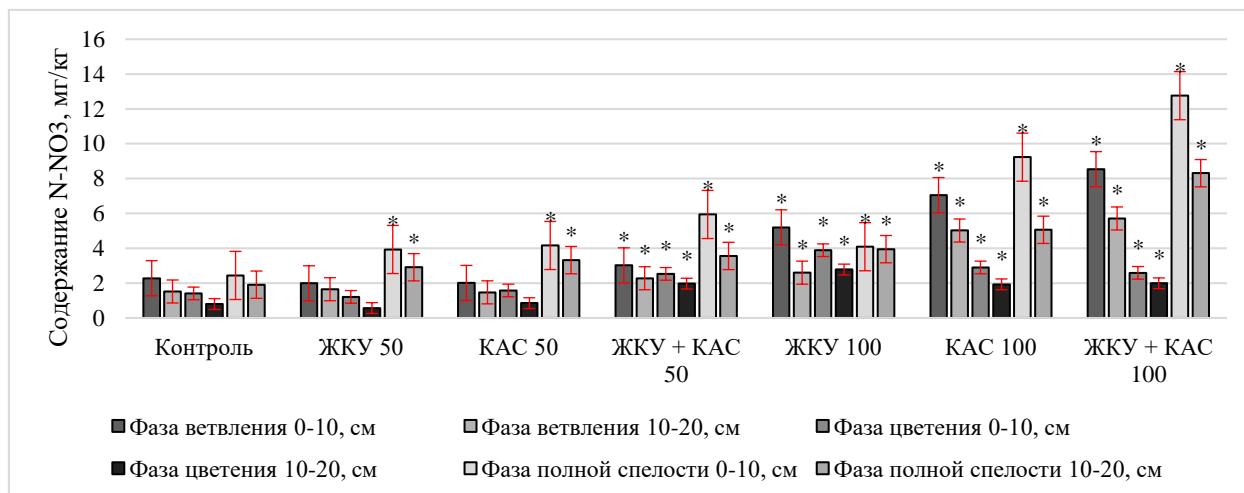


Рис. 11 – Содержание нитратного азота в почве при внесении удобрений в 2023 г., мг/кг (* - достоверно значимое отличие от контроля при $p < 0,05$)

Следует отметить, что совместное применение ЖКУ + КАС 100 существенно повышает содержание нитратного азота в фазы ветвления и цветения гороха, но степень обеспеченности остается на низком уровне. Значительное увеличение содержания нитратного азота установлено и при внесении КАС 100, но меньше, чем в предыдущем варианте. Указанные закономерности наблюдаются как в слое 0–10, так и в слое 10–20 см. При этом проявляется дифференциация содержания нитратного азота по слоям почвы. По всем фазам развития гороха содержание нитратного азота в слое 0–10 см больше, чем в слое 10–20 см, что подтверждает результаты исследований, проведенных в 2022 году.

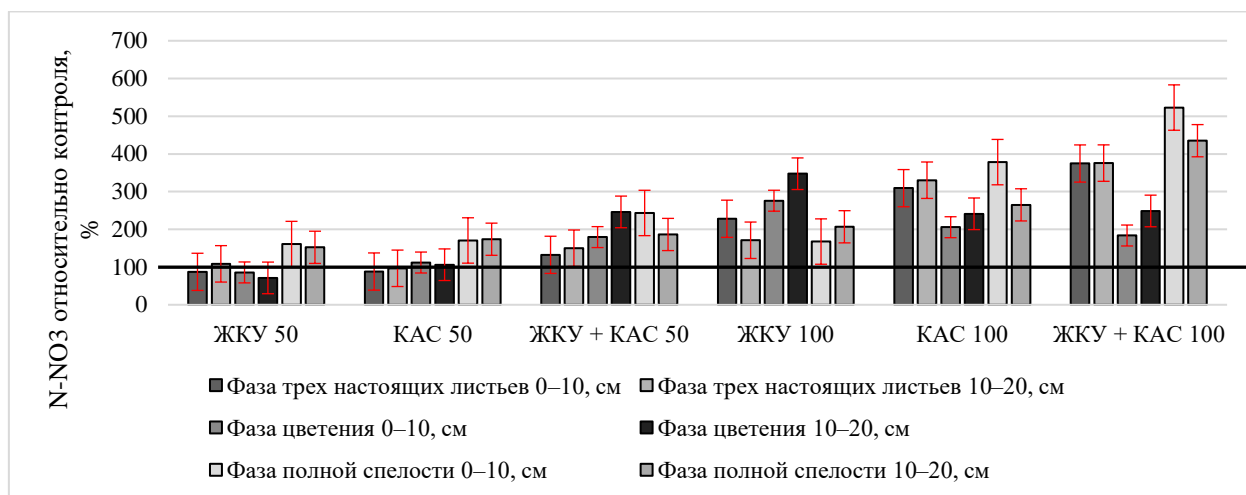


Рис. 12 – Изменение содержания нитратного азота в почве при внесении удобрений в 2023 г., % (—100 % содержание элемента на контроле)

Заключение

Применение жидких минеральных удобрений в посевах гороха при использовании технологии no-till способствует улучшению азотного режима чернозёма обыкновенного. Внесение КАС-32 и ЖКУ11:37 повышает содержание как аммонийного, так и нитратного азота в почве под горохом. Максимальный эффект получен при совместном внесении КАС и ЖКУ в дозе 100 л/га.

Оптимальные условия азотного режима почвы на удобренных вариантах сохранялись на протяжении всей вегетации гороха, что подтверждает пролонгированное действие ЖКУ и КАС и подчёркивает важность их использования для улучшения плодородия почвы и повышения продуктивности исследуемых агроценозов.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030") в Молодежной лаборатории регенеративного земледелия № СП-12-24-03

Список использованных источников

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

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

Бюллетень "Посевные площади Российской Федерации в 2023 году" [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 16.03.25).

Илющечкин В. А., Бирюкова О. А., Влияние жидких минеральных удобрений на азотный режим чернозема при возделывании гороха по технологии no-till // «Живые и биокосные системы». – 2025. – № 51; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-51/article-6>; DOI: 10.18522/2308-9709-2025-51-6

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

Волков С. Н., Вершинин В.В., Турьянский А.В., Ступаков А.Г., Акинчин А.В., Линков С. А., Куликова М. А., Дорофеев А. Ф., Добрунова А. И., Черкашина Е. В. Мониторинг и прогнозирование научно-технического развития АПК в сфере мелиорации и восстановления земельных ресурсов, эффективного и безопасного использования удобрений и агрохимикатов / – Белгород, 2018. Часть II. – 262 с.

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

Горох СТАБИЛ от Saatbau [Электронный ресурс]. 2022. URL: <https://glavagronom.ru/base/seeds/zernobobovie-goroh-posevnoi-stabil-saatbau-9610195> (дата обращения 16.03.25)

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

ГОСТ 26951–86 – Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.

ГОСТ Р 58595–2019. Почвы. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 8 с.

Егоров В. В., Фридланд В. М., Иванова Е. Н. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. – 223 с.

Зотиков В. И., Голопятов М. Т., Акулов А. С., Борзёноква Г. А., Васильчиков А. Г., Кондыков И. В., Новиков В. М., Наумкина Т. С., Пьяных В. П., Хлебников А. И., Цуканова З. Р., Ревякин Е. Л., Гоголев Г.А. Перспективная ресурсосберегающая технология производства гороха: Метод. рек. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 53 с.

Ильченко Я. И., Бирюкова О. А. Влияние минеральных удобрений на плодородие чернозема обыкновенного при возделывании озимой пшеницы по технологии No-till: монография / Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2023. – 120 с.

Милюткин В. А., Сысоев В. Н., Макушин А. Н., Длужевский Н. Г., Богомазов С.В. Преимущество жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 по

сравнению с твердыми – аммиачная селитра – на подсолнечнике и кукурузе // Нива Поволжья. 2020. №3 (56). – 78 с.

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

Минникова Т. В., Кравцова Н. Е., Мокриков Г. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Влияние прямого посева озимой пшеницы на содержание в черноземе элементов питания // Агрохимия. 2019. №10. – С.64–71.

Молчанов И. Б., Григоренко И. В., Стукалов М. Ю., Авдеев А. П., Титоренко И. Н., Зеленский Н. А. Горох в севообороте с озимой пшеницей // Земледелие. 2009. №3.

Савельев В. А. Горох: монография // Саратов: Вузовское образование, 2018. – 231 с.

Скируха А. Ч., Гвоздов А. П., Булавин Л. А., Нилова О. В., Филипенко В. С. Системы земледелия и их особенности с учетом требований экономики и экологии // Экономика и банки. 2019. №2. – 184 С.73–83.

Хрусталеv Ю. П., Василенко В. Н., Свисюк И. В., Панов В. Д., Ларионов Ю. А. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области. Ростов-на-Дону: Батайское книжное изд-во, 2002. – 184 с.

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

Ergina E. I., Bezuglova O. S. The energetic and thermodynamic characteristics of chernozems of Northern Azov region and Crimea // Biogeosystem Technique. 2016. No. 2(8). – P. 145–159. DOI 10.13187/bgt.2016.8.145. EDN WYBDPJ.

Hall C. Composition, nutritional value, and health benefits of pulses / C. Hall, C. Hillen, J. G. Robinson // Cereal Chemistry. 2017. Vol. 94. No. 1. – P. 11–31.

Medvedeva A. M., Biryukova O. A., Ilchenko Y. I., Minkina T. M., Kucherenko A. V., Bauer T. V., Mandzhieva S. S., Mazarji M. Nitrogen state of Haplic Chernozem of the European part of Southern Russia in the implementation of resource-saving technologies // J Sci Food Agric. 2021;101(6). – P.2312–2318. doi:10.1002/jsfa.10852.

Taiz L., & Zeiger E. Plant Physiology. Sinauer Associates, 2010. – P. 5–7.

References

- Bezuglova O. S., Khirkhyrova M. M. Soils of the Rostov Region. - Rostov-on-Don: Publishing house of Southern Federal University, 2008. – 352 p.
- Biryukova O. A., Elnikov I. I., Kryshchenko V. S. Operational diagnostics of plant nutrition. Rostov/D: Publishing house of SFedU, 2010. – 168 p.
- Bulletin "Sown areas of the Russian Federation in 2023" [Electronic resource]. - 2023. - URL:<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>(date of access 16.03.25).
- Valkov V. F., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. Soils of the Rostov region: genesis, geography and ecology. - Rostov-on-Don: SFedU, 2012. - 316 p.
- Volkov S. N., Vershinin V. V., Turyansky A. V., Stupakov A. G., Akinchin A. V., Linkov S. A., Kulikova M. A., Dorofeev A. F., Dobrunova A. I., Cherkashina E. V. Monitoring and forecasting scientific and technical development of the agro-industrial complex in the field of land reclamation and restoration of land resources, efficient and safe use of fertilizers and agrochemicals / - Belgorod. - 2018. - Part II. - 262 p.
- Gamzikov G. P. Soil diagnostics of nitrogen nutrition of plants and the use of nitrogen fertilizers in crop rotations // Fertility. 2018. - No. 1. - P. 8-14.
- Peas STABIL from Saatbau [Electronic resource]. – 2022. – URL: <https://glavagronom.ru/base/seeds/zernobobovie-goroh-posevnoi-stabil-saatbau-9610195> (date of access 03.16.25)
- GOST 26489–85 Soils. Determination of exchangeable ammonium by the TSINAO method. – Moscow: Publishing House of Standards, 1985. – 5 p.
- GOST 26951–86 – Soils. Determination of nitrates by the ionometric method. – Moscow: Publishing house of standards, 1986. – 7 p.
- GOST R 58595–2019. Soils. Sampling. – M.: Publishing house of standards, 2019. – 8 p.
- Egorov V. V., Fridland V. M., Ivanova E. N. Classification and diagnostics of soils of the USSR. M.: Kolos, 1977. – 223 p.
- Zotikov V. I., Golopyatov M. T., Akulov A. S., Borzenkova G. A., Vasilchikov A. G., Kondykov I. V., Novikov V. M., Naumkina T. S., Pyanykh V. P., Khlebnikov A. I., Tsukanova Z. R., Revyakin E. L., Gogolev G. A. Promising resource-saving

technology for pea production: Method. rec. - M.: FGNU "Rosinformagrotech". – 2009. – 53 p.

Ilchenko Ya. I., Biryukova O. A. The Influence of Mineral Fertilizers on the Fertility of Ordinary Chernozem in the Cultivation of Winter Wheat Using No-Till Technology: Monograph / Southern Federal University. – Rostov-on-Don, Taganrog: Southern Federal University Press, 2023. – 120 p.

Milyutkin V. A., Sysoev V. N., Makushin A. N., Dluzhevsky N. G., Bogomazov S. V. Advantage of liquid mineral fertilizers based on KAS-32 compared to solid ones - ammonium nitrate - on sunflower and corn / Niva Povolzhya. - 2020. - No. 3 (56). - 78 p.

Mineev V. G. Agrochemistry: textbook / V. G. Mineev., V. G. Sychev, G. P. Gamzikov and others; edited by V. G. Mineeva. – M.: VNIIA im. D. N. Pryanishnikova, – 2017. – 854 p.

Minnikova T. V., Kravtsova N. E., Mokrikov G. V., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I. Effect of direct sowing of winter wheat on the content of nutrients in chernozem // Agrochemistry. 2019. - No. 10. - P. 64-71.

Molchanov I. B., Grigorenko I. V., Stukalov M. Yu., Avdeenko A. P., Titorenko I. N., Zelensky N. A. Peas in crop rotation with winter wheat // Agriculture. - 2009. - No. 3.

Saveliev V. A. Peas: monograph // Saratov: University education. - 2018. - 231 p.

Skirukha A. Ch., Gvozdov A. P., Bulavin L. A., Nilova O. V., Filipenko V. S. Farming Systems and Their Features Considering Economic and Environmental Requirements // Ekonomika i banki [Economics and Banks]. 2019. No. 2. – P. 73–83.

Khrustalev Yu. P., Vasilenko V. N., Svisyuk I. V., Panov V. D., Larionov Yu. A. Climate and agroclimatic resources of the Rostov region - Rostov-on-Don: Batayskoye book publishing house, 2002. - 184 p.

Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I. Classification and diagnostics of soils of Russia - Smolensk: Oikumena, 2004. - 342 p.

Ergina E. I., Bezuglova O. S. The energetic and thermodynamic characteristics of chernozems of Northern Azov region and Crimea // Biogeosystem Technique. – 2016. – No. 2(8). – P. 145-159. – DOI 10.13187/bgt.2016.8.145. – EDN WYBDPJ.

Hall C. Composition, nutritional value, and health benefits of pulses / C. Hall, C. Hillen, J. G. Robinson // *Cereal Chemistry*. 2017. – Vol. 94. – No. 1. – P. 11-31.

Medvedeva A. M., Biryukova O. A., Ilchenko Y. I., Minkina T. M., Kucherenko A. V., Bauer T. V., Mandzhieva S. S., Mazarji M. Nitrogen state of Haplic Chernozem of the European part of Southern Russia in the implementation of resource-saving technologies. *J Sci Food Agric*. 2021;101(6):2312-2318. doi:10.1002/jsfa.10852.

Taiz L., & Zeiger E. *Plant Physiology*. Sinauer Associates. 2010. – R. 5–7.

Статья поступила в редакцию 3 марта 2025 г.

Поступила после доработки 11 марта 2025 г.

Принята к печати 21 марта 2025 г.

Received 3, March, 2025

Revised 11, March, 2025

Accepted 21, March, 2025