

УДК: 631.45:421

DOI: 10.18522/2308-9709-2026-56-25

ПЛОДОРОДИЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ПРИАЗОВСКОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Гаевая Эмма Анатольевна^{1*}, Чуканова Екатерина Николаевна¹

**¹ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр, п. Рассвет,
Россия,**

e-mail: emmaksay@inbox.ru

0000-0001-9279-1070; 0000-0001-9725-045X

Аннотация

Исследования проводили в 2023–2026 гг. в длительном полевом эксперименте на эрозионно опасном склоне крутизной до 3,5–4° балки Аксайского района Ростовской области. Почва – черноземом обыкновенный карбонатный среднесмытый среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Изучали сорт льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) ВНИИМК 620 в пятипольном севообороте, также были изучены приемы обработки почвы: Фактор А – отвальная вспашка, чизельная и комбинированная обработка и фон удобрений; Фактор Б – $N_0P_0K_0$ (без удобрения), $N_{40}P_{40}K_{40}$ (средний фон) и $N_{80}P_{80}K_{80}$ (повышенный). Цель данной работы – провести оценку плодородия чернозёмов обыкновенных среднесмытых в посевах льна масличного для получения высоких и устойчивых урожаев. В качестве интегрального показателя плодородия контролировалось содержание гумуса, которое без внесения удобрений снизилось на 5,4–7,4 относительных процентов. Внесение удобрений средней нормой поддерживало содержание гумуса на исходном уровне (3,84–3,90 %), а в варианте с повышенной нормой удобрений наблюдался незначительный рост его содержания (до 3,95–3,96 %). В вариантах без внесения удобрений содержание подвижного фосфора снизилось на 6,6–7,4 %, обменного калия – на 20,0–30,2 %. Внесение минеральных удобрений под лен масличный средней нормой ($N_{40}P_{40}K_{40}$) позволило поддерживать содержание подвижного фосфора и обменного калия на повышенном уровне, а увеличение нормы внесения

удобрений в два раза ($N_{80}P_{80}K_{80}$) способствовало росту содержания P_2O_5 и K_2O соответственно до оценок высокое и повышенное. Содержание нитратного и аммонийного азота в пахотном слое почвы в вариантах без внесения удобрений оценивалось как очень низкое (4,8–5,9 и 5,5–7,5 мг/кг). Внесение азотной подкормки средней и повышенной нормой соответственно привело к увеличению содержания нитратного азота на 23,7–34,7 и 52,8–81,6 %, а аммонийного азота на 37,5–82,2 % и на 94,5–237,2 % относительно контроля. Обработки почвы существенного влияния на изменение содержания гумуса и основных элементов питания не оказывали.

Ключевые слова

Гумус; подвижный фосфор; обменный калий; аммонийный азот; нитратный азот; удобрения; черноземы обыкновенные.

Введение. Сельскохозяйственное производство составляет основу и движущую силу всего агропромышленного потенциала Ростовской области. Будучи приоритетным направлением, эта отрасль аккумулирует основные ресурсы региона, стимулирует развитие перерабатывающей промышленности и играет решающую роль в укреплении экономики области. Одним из перспективных и динамично развивающихся направлений, которое усиливает агропромышленный потенциал региона является возделывание льна (Бушнев и др. 2016). Масличный лен представляет собой высокоценную техническую культуру, которая позволяет значительно нарастить объемы выработки растительного масла. Благодаря своим биологическим особенностям он служит эффективной страховой культурой, позволяющей быстро пересевать погибшие в зимний период озимые. В то же время сам лен является отличным предшественником, создающим оптимальные условия для последующего посева различных культур в том числе и озимой пшеницы (Красовская и др., 2026; Турчин и др., 2017).

Лен занимает важное место в мировом продовольственном обеспечении как масличная и волокнистая культура общего и многоцелевого назначения. Следует отметить, что в современном сельском хозяйстве используются сорта льна с высокой продуктивностью и устойчивостью к стрессовым условиям. Современные сорта льна хорошо реагируют на плодородие почвы, засухоустойчивы, технологичны и надежны, адаптированы во многих странах мира и выращиваются на всех континентах. По данным ФАО, посевные

площади льна в мире ежегодно составляют более 8 миллионов гектаров. Основные виды продукции, получаемой при выращивании льна, – семена и волокно. На протяжении многих веков волокнистый лен выращивали для получения волокна, а масличный – для получения семян и масла. Льноводство – это особая отрасль растениеводства, в которой производственный процесс можно разделить на два цикла: первый – выращивание и уборка льна, второй – переработка сырья. Льняное семя имеет большое значение в мировой пищевой промышленности как функциональный пищевой продукт. Ценность семян льна определяется высоким содержанием в них жиров, полиненасыщенных жирных кислот и белков. Современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур предполагают использование новых комплексных удобрений, которые могут обеспечить растения необходимыми питательными веществами – макро- и микроэлементами – в течение вегетационного периода. Использование комплексных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, способствует улучшению роста и развития растений, повышению урожайности и качества льняной продукции к концу вегетационного периода (Zharkikh et al., 2025).

Корневая система льна масличного имеет стержневой тип строения. В первые фазы развития корневая система растет и развивается наиболее интенсивно по сравнению с надземной массой. Начиная с фазы бутонизации у льна возникает наибольшая потребность в почвенной влаге. Хорошо развитая корневая система проникает в глубокие слои почвы для потребления влаги, необходимой для налива зерна. Сформированная корневая система льна извлекает влагу в поздние фазы развития, повышает ценность этой культуры в условиях недостаточного увлажнения. Достаточное количество влаги необходимо растениям для поглощения почвенного раствора, а вместе с ним необходимых элементов питания (Авдеев и Парасоцкий, 2017; Бинияз, 2026).

Потенциал современных сортов льна позволяет получать до 3 т/га, однако показатели продуктивности данной культуры на практике, остаются нестабильными не только по годам, но и в территориальном разрезе (0,97–2,2 т/га) (Вошедский и др., 2025; Trukhachev et al., 2024). Несмотря на его устойчивость к засухе, лён крайне требователен к гидротермическому режиму, особенно в критические фазы развития. При увеличении суммы осадков отмечено увеличение вегетационного периода льна, а при недостаточном увлажнении, наоборот сокращение (Байкалова и Серебренников, 2025).

Повысить продуктивность возделывания льна позволяет комплексный подход, сочетающий совершенствование сортовой агротехники и оптимизацию

почвенного питания. Наиболее эффективно основное внесение минеральных удобрений ($N_{30}P_{22}K_{80}$). Для повышения окупаемости основного внесения удобрений рекомендуется применять рядковое внесение азофоски в дозе 0,5 ц/га (Сорокина и др., 2019). Лен масличный хорошо отзывается прибавкой урожая на внесение повышенных доз удобрений совместно с опрыскиванием растений по вегетации в фазу «елочка» микроудобрениями (Кудрявцева и др., 2025; Podlipnaya et al., 2024). При выращивании льна масличного обработка семян микробиологическим препаратом непосредственно перед посевом позволяет получить более высокие урожаи маслосемян с высокими рентабельностью и условно чистым доходом (Каменев и др., 2025; Сычев и др., 2025).

Минеральные удобрения увеличивают продуктивность льна масличного. Его наибольшая урожайность отмечалась на фоне с повышенной обеспеченностью почвы подвижным фосфором при допосевным внесением аммиачной селитры и аммофоса. Масличность льна при использовании повышенных доз удобрений, наоборот, снижалась (Тимохин и др., 2024). Чернозем обыкновенный карбонатный характеризуется достаточно высокими потенциальными возможностями в отношении обеспечения растений фосфором (Кучменко и др., 2021). Систематическое внесение фосфорно-калийных удобрений на черноземах обыкновенных Ростовской области в различных дозах позволяет увеличить содержание подвижного фосфора и обменного калия по сравнению с исходным содержанием (Гаевая и др., 2022; Гаевая и Безуглова, 2025; Безуглова и Гаевая, 2025).

Обладая высокой засухоустойчивостью, адаптивностью к стрессовым условиям произрастания, лен масличный в условиях нарастания аридности климата становится перспективной культурой для выращивания в зоне недостаточного увлажнения, в частности, Ростовской области. Для получения высоких урожаев необходимо оптимизировать технологии возделывания сельскохозяйственных культур в целом и в частности льна масличного. В основе совершенствования интенсивных технологий лежит формирование высокопродуктивных агрофитоценозов, в которых создаются близкие к оптимальным условия для фотосинтетической деятельности растений. Управление агрофитоценозом может осуществляться за счет регулируемых факторов – применения удобрений, способов обработки почвы, норм, способов и сроков посева, подбора сортов и других. Изучение этих факторов и обоснование их применения позволит эффективно влиять на формирование величины и качества урожая при сложившихся метеорологических условиях.

Одним из способов увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур, в частности льна масличного, является внедрение перспективных урожайных сортов, обладающих комплексом устойчивости к неблагоприятным условиям среды. С разработкой сортовой агротехники и внедрением в производство новых сортов сельскохозяйственных культур возникает необходимость в постоянном уточнении тех элементов технологии выращивания, которые оказывают основное влияние на урожай и его качество.

Цель данной работы: провести оценку плодородия чернозёмов обыкновенных среднесмытых в посевах льна масличного для получения высоких и устойчивых урожаев.

Материалы и методы

Полевые исследования проводили в 2023–2026 гг. в длительном полевом эксперименте по изучению приемов основной обработки почвы и уровней применения удобрений на эрозионно опасном склоне юго-восточной экспозиции крутизной до 3,5–4° балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области. Длительный опыт был заложен в 1986 г. в системе контурно-полосной организации территории и в дальнейшем зарегистрирован в Российской Географической сети длительных опытов с удобрениями (аттестат № 169).

Почвенный покров участка представлен черноземом обыкновенным карбонатным среднесмытым среднемогущим малогумусным тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке (Классификация и диагностика почв СССР, 1977). Мощность $A_{\text{пах}}$ – 25–30 см, $A+B$ – от 40 до 60 см – в зависимости от смытости. Горизонт А имеет зернистую структуру, АВ – орехово-комковатую и зернисто-комковатую. Вскипают почвы с поверхности или в верхней части гумусового горизонта. С той же глубины начинается отложение карбонатов, сначала в виде мицелия, потом в виде прожилок. На глубине 120 см или глубже появляется белоглазка. Содержание общего азота в слое 0–30 см 0,14–0,16%, исходное содержание подвижных фосфатов низкое – 15,7–18,2 мг, обменного калия – 282–337 мг на 1 кг почвы, содержание гумуса 3,80–3,83% (Клименко и др., 2024).

Метеорологические условия в годы исследования складывались по разному: в 2023 г. количество осадков, выпавших за вегетационный период (254 мм), было больше среднемноголетних значений (169 мм), особенно в первые месяцы развития растений. При этом температура воздуха в апреле была на 1,1 °С выше, а в мае на 1,9 °С меньше среднемноголетних значений

(10,2 и 16,2 °С). В последующие месяцы (июнь-июль) гидротермический режим незначительно отличался от нормы (21,0 и 23,4°С) и не оказал значимого влияния на урожайность. В засушливом 2024 г. количество осадков за вегетационный период составило всего 46 мм, а в 2025 г. – 94,8 мм, что меньше нормы (196 мм) на 76,5 и 51,6 % соответственно. Особенно недостаток осадков был отмечен в начале развития растений (апрель – март), а температура воздуха в разные месяцы вегетационного периода превышала среднемноголетние значения на 1,3–6,0 °С. В 2026 году количество осадков за вегетационный период льна масличного превышало норму на 12,5 мм, а температурный режим был благоприятный, что создало предпосылки для получения хорошего урожая.

Изучали сорт льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) ВНИИМК 620, оригинатором является ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта». Лен высевали по предшественнику озимая пшеница, норма высева семян 6 млн шт/га, посев проводили в первой декаде апреля. Лен был размещен в пятипольном севообороте: кукуруза на зерно – 20 %, озимая пшеница – 20 %, лен масличный – 20 %, многолетние травы – 40 %. Изучали приемы обработки почвы (Фактор А) и фон удобрений (Фактор Б). Фактор А: А₁ – отвальная вспашка скоростным плугом ПС-3+1 в четырёхкорпусном варианте на глубину 25–27 см (контроль); А₂ – чизельная обработка осуществлялась скоростным чизельным плугом ПС-3+1 с чизельными стойками на глубину 25–27 см; А₃ – комбинированная обработка была проведена дисковой бороной БДТ-3, затем обработка щелерезом ЩН-1 на глубину 40-45 см (Клименко и др., 2022).

Фактор В: В₁ – N₀P₀K₀ (без удобрения); В₂ – N₄₀P₄₀K₄₀; В₃ – N₈₀P₈₀K₈₀. Сложные удобрения (диаммофоска 10:26:26) вносили под основную обработку почвы, подкормку аммиачной селитрой с массовой долей 33,3% проводили по всходам.

Агрохимические свойства почвы: гумус определяли по методу Тюрина, в модификации ЦИНАО, (ГОСТ 26213-2021); содержание подвижных элементов питания N-NO₃; N-NH₄ по (ГОСТ 26489-86 и ГОСТ 26489-85), фосфор и калий – по Мачигину (ГОСТ 26205-91).

Математическую обработку полученных результатов проводили с использованием *Microsoft Excel* и программы *Statistica 13.3*.

Результаты исследований

В последние годы сложная экономическая обстановка на продовольственном рынке сельскохозяйственной продукции диктует необходимость выращивания нетрадиционных сельскохозяйственных культур. Агротехнологии и питательный режим почвы определяет будущий урожай льна масличного. Основным показателем питательного режима чернозёмов обыкновенных является содержание гумуса в почве. При закладке длительного опыта в 1986 г. исходное содержание гумуса было равно 3,8–3,83 %. За сорок лет использования земель сельскохозяйственного назначения без внесения удобрений содержание гумуса снизилось до 3,52–3,54 % (на 5,4–7,4 %). Внесение удобрений нормой $N_{40}P_{40}K_{40}$ поддерживало содержание гумуса на исходном уровне 3,84–3,90 %. Увеличение нормы внесения удобрений под лен масличный в два раза ($N_{80}P_{80}K_{80}$) обеспечило незначительный рост его содержания до 3,95–3,96 % или на 4,0–4,3 %. В зависимости от способов обработки почвы содержание гумуса изменялось незначительно. Использование отвальной обработки почвы в качестве контрольного варианта привело к незначительному снижению содержания гумуса в слое почвы 0–30 см на 0,02–0,03 % ($p>0,05$) (рис. 1). При пересчете потерь гумуса на гектар севооборотной площади из слоя почвы 0–30 см за сорок лет использования пашни для выращивания продукции без внесения удобрений потери составили 10,1 т/га. Исследования проводили на среднесмытых черноземах и частично гумус смывался со стоком и смывом со склона. При смыве почвы от 1,5 до 4,0 т/га потери гумуса составляют 0,6–1,6 т/га. Остальная часть гумуса выносятся растениями с урожаем. Внесение минеральных удобрений в различных нормах позволяет частично компенсировать эти потери и прирост гумуса за сорок лет использования земель составляет 2,2–5,8 т/га севооборотной площади в пахотном слое в вариантах с различными фонами удобрений.

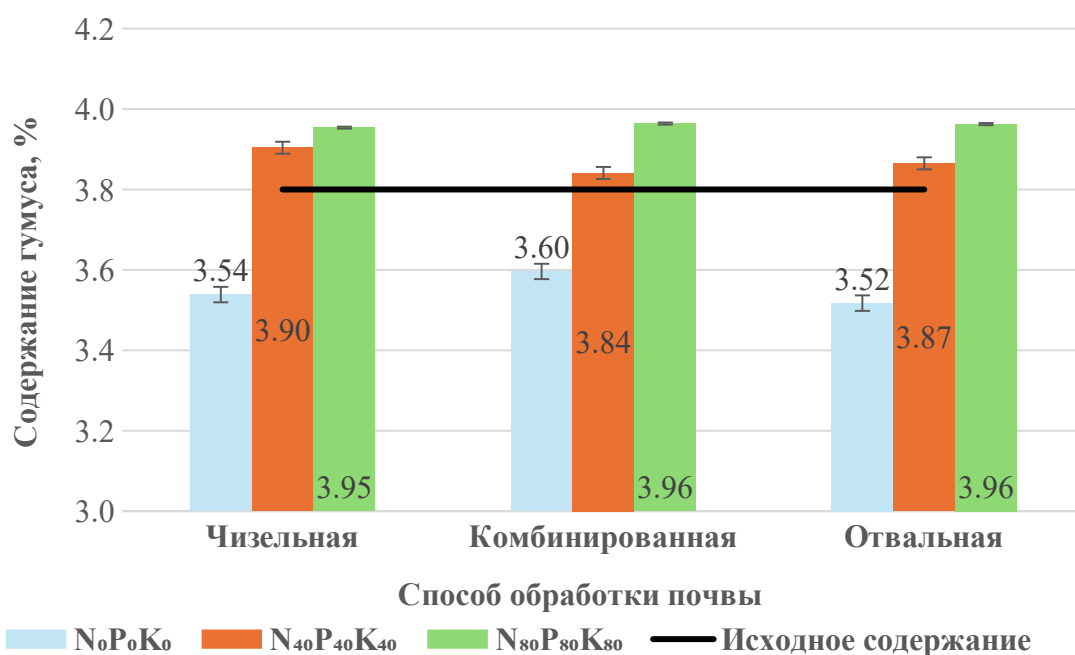


Рис.1 – Содержание гумуса в слое почвы 0–30 см в зависимости от способа обработки почвы и уровня применения удобрений, %

Внесение фосфорных удобрений в различных нормах отразилось на содержании подвижного фосфора в пахотном слое почвы. Исходное содержание P_2O_5 при закладке опыта было 17,3–18,8 мг/кг. Систематический вынос фосфора из почвы растениями льна масличного без компенсации удобрениями привел к снижению содержания фосфатов до 16,0–16,2 мг/кг (6,6–7,4 %). Применение фосфорных удобрений нормой P_{40} увеличило содержание подвижного фосфора в два раза до 34,3–35,9 мг/кг. Увеличение нормы внесения удобрений (P_{80}) позволило повысить содержание в почве подвижного фосфора более чем в три раза (51,3–55,3 мг/кг). Применение различных способов обработки почвы не оказывало значимого влияния на содержание подвижного фосфора, разница составляла 0,1–4,1 мг/кг ($p > 0,05$) (Кучменко и др., 2021) (рис. 2).

По данным ФГУ ГЦАС «Ростовский» в последние десятилетия содержание подвижного фосфора в почвах Ростовской области находится в пределах 22–24 мг/кг (Клименко и др., 2022), но так как лен масличный возделывался на среднесмытом склоне, то часть элементов питания теряется со стоком и смывом. В вариантах без внесения удобрений содержание подвижного фосфора по классификации Мачигина оценивается как среднее, а при внесении

удобрений средней и повышенной нормой – как повышенное и высокое (Клименко и др., 2022).

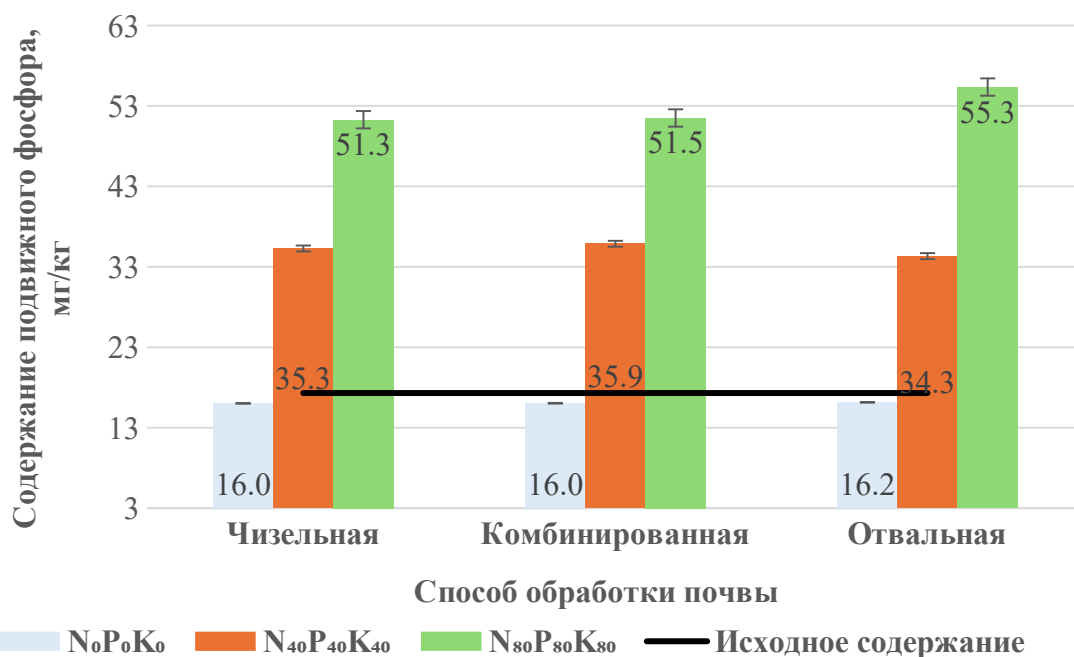


Рис.2 – Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см в зависимости от способа обработки почвы и уровня применения удобрений, мг/кг

Почвы Ростовской области обеспечены обменным калием. Систематическое обследование ФГУ ГЦАС «Ростовский» выявило, что содержание обменного калия колеблется в пределах 427–457 мг/кг, однако в среднесмытых черноземах за счет развития процессов эрозии его содержится меньше (Клименко и др., 2024).

При закладке опыта исходное содержание K₂O было 377 мг/кг (рис. 3). В результате длительного использования пахотных земель произошли потери обменного калия за счет эрозии почвы, а также выноса с сельскохозяйственной продукцией. В вариантах без внесения удобрений содержание обменного калия в посевах льна масличного сократилось на 20,0–30,2 % (263–301 мг/кг). Внесение калийных удобрений средней нормой K₄₀ сократило потери обменного калия до 323–362 мг/кг, по сравнению с исходным содержанием (377 мг/кг). Увеличение нормы внесения калийных удобрений в два раза (K₈₀) позволило поддерживать содержание обменного калия на исходном уровне (377 мг/кг) или незначительно увеличить (до 388–404 мг/кг). По классификации

Мачигина обеспеченность черноземов обыкновенных калием на изучаемом участке считается повышенной (301–500 мг) (Зональные системы земледелия..., 2022).

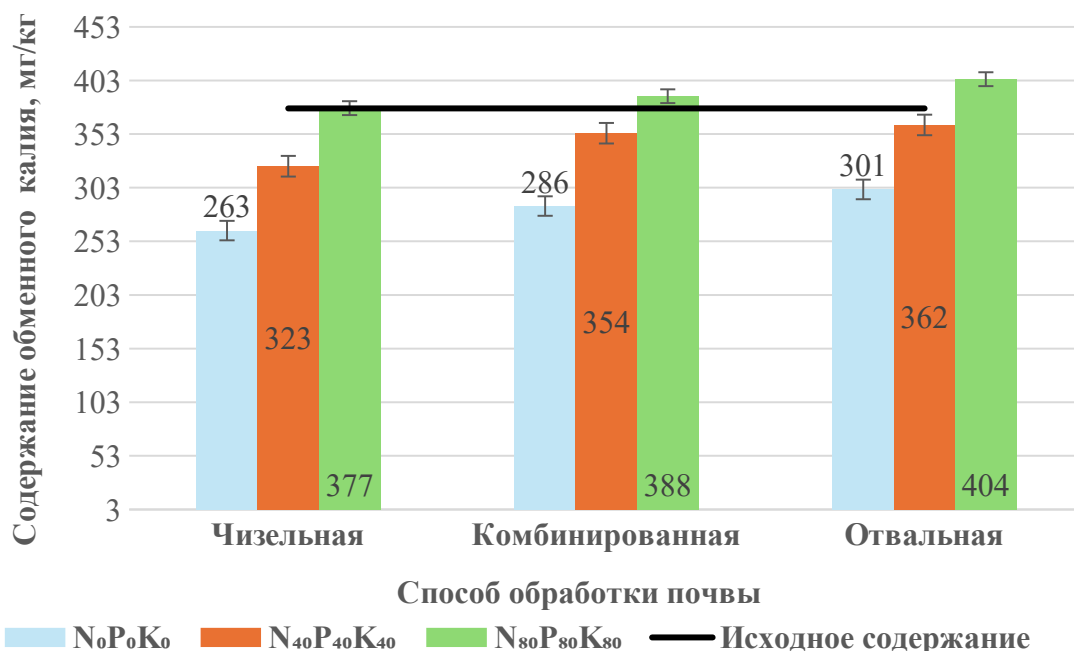


Рис.3 – Содержание обменного калия в слое почвы 0–30 см в зависимости от способа обработки почвы и уровня применения удобрений, мг/кг

Минеральный азот является одним из необходимых элементов для развития растений льна масличного во все фазы вегетации растений. Определение минерального азота в слое почвы 0–30 см проходило в межфазный период льна масличного «всходы-елочка». На момент отбора образцов почвы содержание аммонийного азота в вариантах без внесения удобрений было очень низкое (5,5–7,5 мг/кг). Внесение подкормки средней нормой при посеве (N₄₀) привело к увеличению аммонийного азота в почве на 37,5–82,2 %, а увеличение нормы внесения удобрений в два раза (N₈₀) сопровождается ростом его содержания в два-три раза по сравнению с контрольным вариантом (14,7–18,7 мг/кг) (рис. 4).

Содержание нитратного азота в пахотном слое почвы в вариантах без внесения удобрений оценивалось как очень низкое (4,8–5,9 мг/кг). Внесение азотной подкормки средней и повышенной нормой привело к увеличению содержания N-NO₃ на 23,7–34,7 и 52,8–81,6 % соответственно (рис. 5).

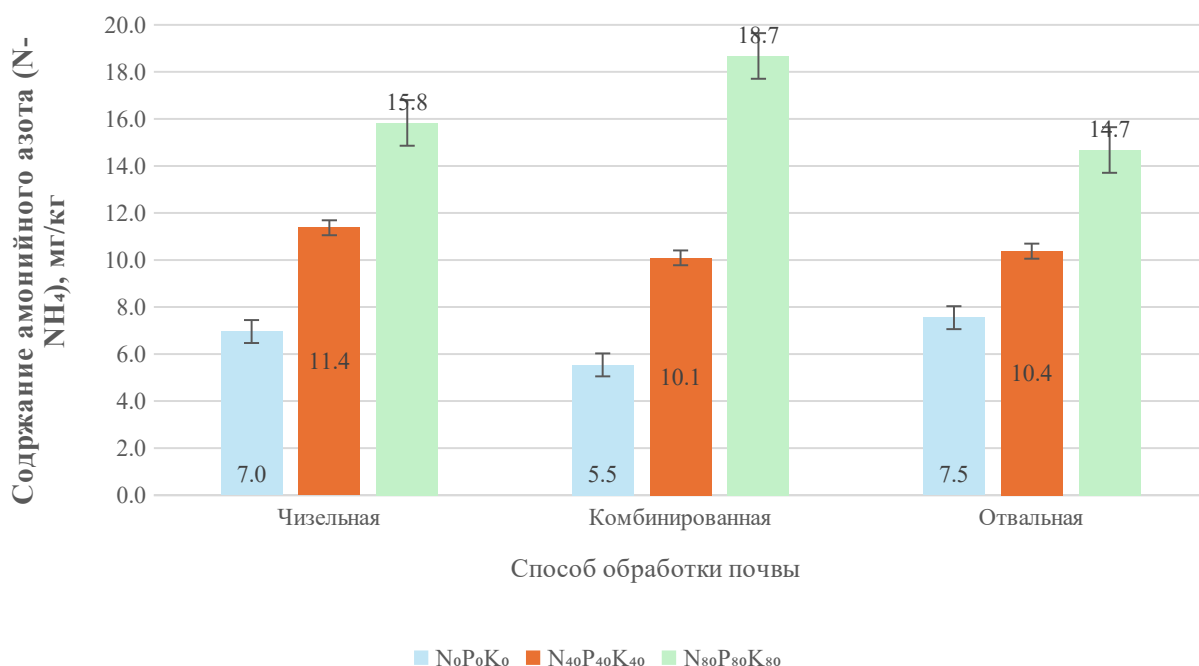


Рис.4 – Содержание аммонийного азота в слое почвы 0–30 см в зависимости от способа обработки почвы и уровня применения удобрений, мг/кг

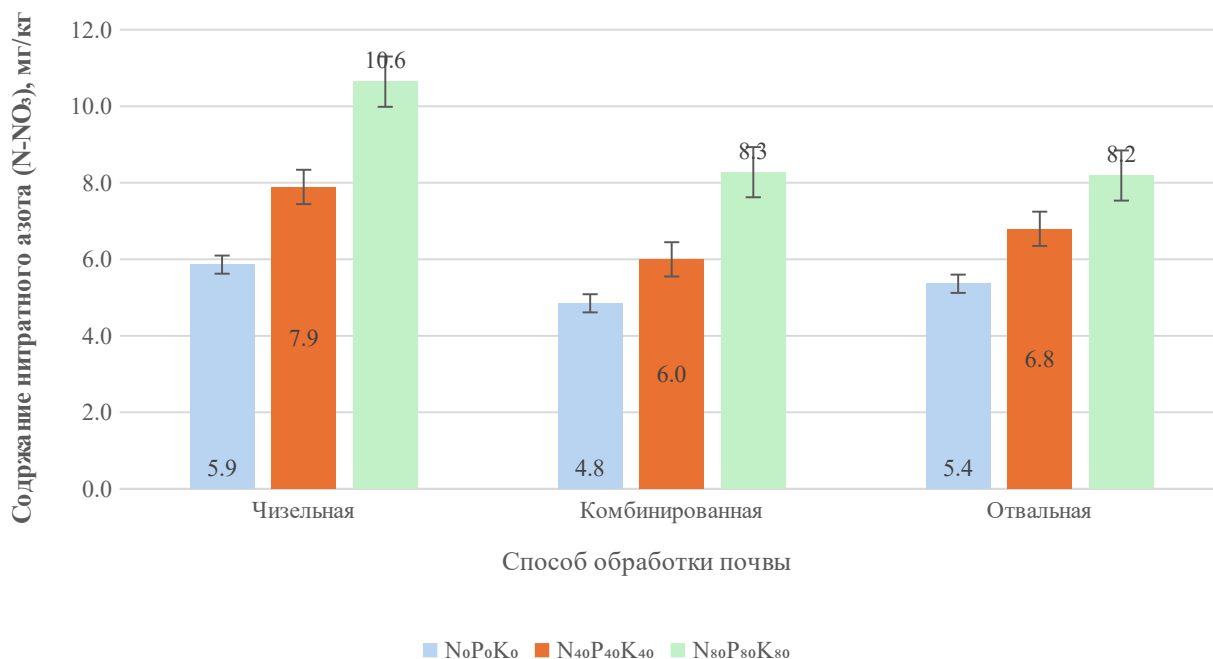


Рис.5 – Содержание нитратного азота в слое почвы 0–30 см в зависимости от способа обработки почвы и уровня применения удобрений, мг/кг

Оценка обеспеченности растений аммонийным и нитратным азотом в почве показала, что в зависимости от норм внесения удобрений она соответственно характеризуется как низкая и средняя. Поэтому для сохранения

плодородия черноземов обыкновенных среднесмытых и получения высоких урожаев льна масличного необходимо вносить минеральные удобрения в повышенной норме ($N_{80}P_{80}K_{80}$). Для компенсации потерь основных элементов питания со стоком и смывом увеличить норму внесения удобрений азотных на 30 %, фосфорно-калийных на 20 %, что позволит поднять содержание P_2O_5 и K_2O до высокой обеспеченности.

Заключение

Плодородие среднесмытых черноземов Приазовской зоны Ростовской области без внесения удобрений снизилось за сорок лет использования гумуса на 5,4–7,4 %, подвижного фосфора – 6,6–7,4 %; обменного калия – 20,0–30,2 %. Внесение минеральных удобрений под лен масличный средней нормой ($N_{40}P_{40}K_{40}$) позволило поддерживать содержание гумуса на исходном уровне 3,84–3,90 %, содержание подвижного фосфора и обменного калия оценивалось как повышенное. Увеличение нормы внесения удобрений в два раза ($N_{80}P_{80}K_{80}$) привело к незначительному увеличению содержания гумуса до 3,95–3,96 %, а содержание P_2O_5 и K_2O обеспечивается как высокое и повышенное.

Благодарности и финансирование

Финансирование: исследования были проведены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме: «Разработать усовершенствованные эколого-адаптивные технологии возделывания новых сортов сельскохозяйственных культур для различных типов агроландшафтов Ростовской области» (FNFZ-2022-0003).

Список источников

1. Авдеенко А. П., Парасоцкий А. В. Продуктивность льна масличного в южной зоне Ростовской области // Научно-методический электронный журнал «Концепт» [Электронный ресурс]. 2017. Т. 39. С. 1601–1605. URL: <http://e-koncept.ru/2017/970647.htm> (дата обращения: 19.01.2025).
2. Байкалова Л. П., Серебренников Ю. И. Адаптивность сортов льна масличного в условиях Красноярской лесостепи // Кормопроизводство. 2025. № 1. С. 30–36. <https://doi.org/10.30906/1562-0417-2025-1-30-36>.
3. Безуглова О. С., Гаевая Э. А. Прогноз содержания подвижного фосфора в агрочернозёмах Ростовской области с использованием автоматизированных

нейронных сетей // АгроЭкоИнфо. 2025. № 2(68).
<https://doi.org/10.51419/202152216>.

4. Бинияз М. Ф. Влияние приемов посева на биохимический состав семян льна масличного // Пермский аграрный вестник. 2026. № 2(54). С. 13–18.
https://doi.org/10.47737/2307-2873_2026_54_13.

5. Бушнев А. С., Горбаченко Ф. И., Картамышева Е. В., Лучкина Т. Н., Семеренко С. А., Подлесный С. П., Мамырко Ю. В. Совершенствование некоторых приемов возделывания льна масличного в условиях Краснодарского края и Ростовской области // Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных. Краснодар. 2016. С. 28–34.

6. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А., Целуйко О. А., Рычкова М. И. Влияние приемов возделывания на урожайность и водопотребление льна масличного в условиях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15. № 2. С. 334–352. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-2-334-352>

7. Гаевая Э. А., Безуглова О. С. Нейросетевой прогноз содержания гумуса в черноземах обыкновенных слабоэродированных Ростовской области // АгроЭкоИнфо. 2025. № 2(68). <https://doi.org/10.51419/202152209>.

8. Гаевая Э. А., Ильинская И. Н., Безуглова О. С., Нежинская Е. Н. Изменение фосфорно-калийного режима черноземов обыкновенных в длительном опыте Ростовской области // АгроЭкоИнфо. 2022. № 2(50). <https://doi.org/10.51419/202122202>.

9. Каменев Р. А., Турчин В. В., Аветисян Д. Р., Копылов Б. А. Роль биологического азота в минеральном питании масличных культур в условиях Ростовской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2025. № 5(407). С. 624–628. https://doi.org/10.55186/25876740_2025_68_5_624.

10. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова [и др.] // Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. М.: Колос, 1977. 223 с.

11. Клименко А. И., Безуглова О. С., Гринько А. В. [и др.] / Почвы Ростовской области: плодородие, деградация и восстановление в условиях аридизации климата: монография /; под общей редакцией О. С. Безугловой ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр». – п. Рассвет: Полиграф-Сервис, 2024.

232 с. <https://doi.org/10.69535/FRARC.2024.87.93.001>.

12. Клименко А. И., Гринько А. В., Грабовец А. И. [и др.]. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области (Минсельхозпрод РО); Федеральный Ростовский аграрный научный центр. – Ростов-на-Дону: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», 2022. 736 с.

13. Красовская А. В., Банкрутенко А. В., Кудрявцева Н. Н., Юдина Е.В., Веремей Т. М. Применение минеральных удобрений на посевах масличных культур в подтайге Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2026. № 2(62). С. 32–42. – EDN BEVAKI.

14. Кудрявцева Н. Н., Красовская А. В., Банкрутенко А. В., Юдина Е.В., Сулейменова А.К. Продуктивность сортов льна масличного, их экологическая пластичность в Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2025. № 6(219). С. 102–117. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-6-102-117>.

15. Кучменко Е. В., Бирюкова О. А., Каменев Р. А., Медведева А. М. Фракционный состав минеральных фосфатов в черноземе обыкновенном при различных способах основной обработки // «Живые и биокосные системы». 2021. № 36; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-36/article-3/>. <https://doi.org/10.18522/2308-9709-2021-36-3> (дата обращения 2.09.2026 г.)

16. Сорокина О.Ю., Кузьменко Н.Н., Сухопалова Т.П., Ильина В.И. Приемы повышения урожайности льна-долгунца // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 8. С. 18–23. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10804>.

17. Сычев В. Г., Ханиева И. М., Бозиев А. Л., Хакулов И. В. Совершенствование элементов технологии возделывания льна масличного в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Плодородие. 2025. № 4(145). С. 35–38. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2025.145.09>.

18. Тимохин А. Ю. Бойко В. С., Михайлов В. В. Отзывчивость льна масличного на различный уровень минерального питания в лесостепи Западной Сибири // Аграрная наука. 2024. № 8. С. 168–172. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-168-172>.

19. Турчин В. В., Нужнов И. В., Мухортова В. К. Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность и качество семян льна

масличного в условиях Ростовской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 19–24.

20. Podlipnaya A. A., Vinogradov D. V., Zubkova T. V. Productivity of oil flax depending on doses of fertilizers and correlation and statistical analysis of the study factors // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Vol. 16, No. 1. P. 90–101. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-1-713>.

21. StatSoft, Inc. STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 13. 2020. Available online: <https://web.archive.org/web/20131213145004/> / (дата обращения 28.08.2026 г.)

22. Trukhachev V. I., Belopukhov S. L., Dmitrevskaya I. I. [et al.] Changes in flax yield and quality in response to various mineral nutrition // Brazilian Journal of Biology. 2024. Vol. 84. P. 264215. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.264215>.

23. Zharkikh, O. A., Dmitrevskaya I. I., Seregina I. I. Use of new complex fertilizers to increase the yield and quality of flax products // Brazilian Journal of Biology. 2025. Vol. 85. P. e287276. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.287276>.

FERTILITY OF ERODED CHERNOZEM SOILS IN THE GROWING OF OILSEED FLAX IN THE AZOV REGION OF THE ROSTOV OBLAST

Emma A. Gaevaya¹, Ekaterina N. Chukanova¹*

¹FSBSI Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet village, Russian

*Federation e-mail: emmaksay@inbox.ru**

0000-0001-9279-1070; 0000-0001-9725-045X

Abstract

The research was conducted between 2023 and 2026 in a long-term field experiment on an erosion-prone slope with a steepness of up to 3.5–4° in a ravine area of the Aksaysky District, Rostov Region. The soil is moderately eroded, moderately thick, low-humic, heavy-loamy ordinary carbonate chernozem on loess-like loam. The oil flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivar VNIIMK 620 was studied in a five-field crop rotation. The following soil tillage methods and fertilization backgrounds were investigated: Factor A included moldboard plowing, chisel tillage,

and combined tillage; Factor B included $N_0P_0K_0$ (unfertilized control), $N_{40}P_{40}K_{40}$ (moderate level), and $N_{80}P_{80}K_{80}$ (high level).

The aim of this work was to evaluate the fertility of moderately eroded ordinary chernozems under oil flax cultivation to achieve high and sustainable yields. As an integral indicator of fertility, the humus content was monitored; without fertilization, it decreased by 5.4–7.4 relative percent. The application of the moderate fertilizer rate maintained the humus content at the baseline level (3.84–3.90%), while the treatment with the high fertilizer rate showed a slight increase in its content (up to 3.95–3.96%).

In the unfertilized treatments, available phosphorus content decreased by 6.6–7.4%, and exchangeable potassium decreased by 20.0–30.2%. The application of the moderate rate of mineral fertilizers ($N_{40}P_{40}K_{40}$) under oil flax helped maintain the available phosphorus and exchangeable potassium content at an elevated level. Doubling the fertilizer application rate ($N_{80}P_{80}K_{80}$) contributed to an increase in P_2O_5 and K_2O content, reaching "high" and "elevated" ratings, respectively. The content of nitrate and ammonium nitrogen in the arable soil layer in the unfertilized treatments was evaluated as very low (4.8–5.9 and 5.5–7.5 mg/kg). The application of moderate and high nitrogen fertilization rates led to an increase in nitrate nitrogen content by 23.7–34.7% and 52.8–81.6%, and ammonium nitrogen by 37.5–82.2% and 94.5–237.2% relative to the control, respectively. Soil tillage methods had no significant effect on changes in the content of humus and primary nutrients.

Keywords

Humus; mobile phosphorus; exchangeable potassium; ammonium nitrogen; nitrate nitrogen; fertilizers; ordinary chernozems

References

1. Avdeenko, A. P., Parasockij A. V. The productivity of oil flax in the southern zone of the Rostov Region // *Nauchno-metodicheskij ehlektronnyj zhurnal «Koncept» [Ehlektronnyj resurs]*. 2017. T. 39. S. 1601–1605. URL: <http://e-koncept.ru/2017/970647.htm> (data obrashcheniya: 19.01.2025). (in Rus).
2. Bajkalova, L. P. Serebrennikov Yu. I. The adaptability of oilseed flax varieties in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe // *Kormoproizvodstvo*. 2025. № 1. S. 30–36. <https://doi.org/10.30906/1562-0417-2025-1-30-36>. (in Rus).

3. Bezuglova, O. S. Gaevaya Eh. A. Prediction of the content of mobile phosphorus in agrochernozems of the Rostov Region using automated neural networks // AgroEhkoInfo. 2025. № 2(68). <https://doi.org/10.51419/202152216>. (in Rus).
4. Biniyaz, M. F. The impact of sowing techniques on the biochemical composition of oilseed flax seeds // Permskij agrarnyj vestnik. 2026. № 2(54). S. 13-18. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2026_54_13. (in Rus).
5. Bushnev, A. S., Gorbachenko F. I., Kartamysheva E. V., Luchkina T. N., Semerenko S. A., Podlesnyj S. P., Mamyрко Yu. V. Improving certain methods of cultivating oilseed flax in the Krasnodar Territory and the Rostov Region // Nauchnoe obespechenie proizvodstva sel'skohozyajstvennyh kul'tur v sovremennyh. Krasnodar. 2016. S. 28-34. (in Rus).
6. Voshedskij, N. N., Kulygin V. A., Celujko O. A., Rychkova M. I. The impact of cultivation practices on the yield and water consumption of oil flax in the Rostov region // Melioraciya i gidrotehnika. 2025. T. 15. № 2. S. 334-352. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-2-334-352>. (in Rus).
7. Gaevaya, Eh. A., Bezuglova O. S. Neural network prediction of humus content in ordinary, slightly eroded chernozems of the Rostov region // AgroEhkoInfo. 2025. № 2(68). <https://doi.org/10.51419/202152209>. (in Rus).
8. Gaevaya, Eh. A., Il'inskaya I. N., Bezuglova O. S., Nezhinskaya E. N. Changes in the phosphorus-potassium regime of ordinary chernozems in a long-term experiment in the Rostov Region // AgroEhkoInfo. 2022. № 2(50). <https://doi.org/10.51419/202122202>. (in Rus).
9. Kamenev, R. A., Turchin V. V., Avetisyan D. R., Kopylov B. A. The role of biological nitrogen in the mineral nutrition of oilseed crops in the Rostov region // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2025. № 5(407). S. 624-628. https://doi.org/10.55186/25876740_2025_68_5_624. (in Rus).
10. Classification and diagnostics of soils in the USSR / V. V. Egorov, V. M. Fridland, E. N. Ivanova [i dr.] // Pochv. in-t im. V.V. Dokuchaeva. M.: Kolos, 1977. 223 s.
11. Klimenko, A. I., Bezuglova O. S., Grin'ko A. V. [i dr.] / Soils of the Rostov Region: fertility, degradation, and restoration under conditions of climate aridization: monografiya /; pod obshchej redakciej O. S. Bezuglovoj ; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii, Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Federal'nyj Rostovskij agrarnyj nauchnyj

centr». – p. Rassvet: Poligraf-Servis, 2024. 232 s. <https://doi.org/10.69535/FRARC.2024.87.93.001>. (in Rus).

12. Klimenko, A. I., Grin'ko A. V., Grabovec A. I. [i dr.]. Zonal farming systems of the Rostov Region for 2022–2026 / Ministerstvo sel'skogo hozyajstva i prodovol'stviya Rostovskoj oblasti (Minsel'hozprod RO); Federal'nyj Rostovskij agrarnyj nauchnyj centr. – Rostov-na-Donu: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Federal'nyj Rostovskij agrarnyj nauchnyj centr», 2022. 736 s. (in Rus).

13. Krasovskaya, A. V., Bankrutenko A. V., Kudryavceva N. N., Yudina E.V., Veremej T. M. The use of mineral fertilizers on oilseed crop crops in the sub-taiga zone of Western Siberia / A. V. Krasovskaya, A. V. Bankrutenko, N. N. Kudryavceva [i dr.] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2026. – № 2(62). – S. 32-42. (in Rus).

14. Kudryavceva, N. N., Krasovskaya A. V., Bankrutenko A. V., Yudina E.V., Sulejmenova A.K. The productivity of oilseed flax varieties and their ecological adaptability in Western Siberia // Vestnik KrasGAU. 2025. № 6(219). S. 102-117. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-6-102-117>. (in Rus).

15. Kuchmenko, E. V., Biryukova O. A., Kamenev R. A., Medvedeva A. M. The fractional composition of mineral phosphates in ordinary chernozem under various methods of primary tillage // «Zhivye i biokosnye sistemy». 2021. № 36; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-36/article-3/>. <https://doi.org/10.18522/2308-9709-2021-36-3> (data obrashcheniya 2.09.2026) (in Rus).

16. Sorokina, O.Yu., Kuz'menko N.N., Suhopalova T.P., Il'ina V.I. Techniques for increasing the yield of flax fiber flax // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2019. T. 33. № 8. S. 18–23. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10804>. (in Rus).

17. Sychev, V. G., Hanieva I. M., Boziev A. L., Hakulov I. V. Improving the elements of oilseed flax cultivation technology in the foothill zone of Kabardino-Balkaria // Plodorodie. 2025. № 4(145). S. 35-38. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2025.145.09>. (in Rus).

18. Timohin, A. Yu. Bojko V. S., Mihajlov V. V. The response of oilseed flax to different levels of mineral nutrition in the forest-steppe of Western Siberia // Agrarnaya nauka. 2024. № 8. S. 168-172. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-168-172>. (in Rus).

19. Turchin, V. V., Nuzhnov I. V., Muhortova V. K. The impact of mineral fertilizers and bacterial preparations on the yield and quality of oilseed flax seeds in

the Rostov region // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 4. S. 19-24. (in Rus).

20. Podlipnaya, A. A., Vinogradov D. V., Zubkova T. V. Productivity of oil flax depending on doses of fertilizers and correlation and statistical analysis of the study factors // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Vol. 16, No. 1. P. 90-101. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-1-713>.

21. StatSoft, Inc. STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 13. 2020. Available online: <https://web.archive.org/web/20131213145004/> / (дата обращения 02.08.2026 г.)

22. Trukhachev, V. I., Belopukhov S. L., Dmitrevskaya I. I. [et al.] Changes in flax yield and quality in response to various mineral nutrition // Brazilian Journal of Biology. 2024. Vol. 84. P. 264215. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.264215>.

23. Zharkikh, O. A., Dmitrevskaya I. I., Seregina I. I. Use of new complex fertilizers to increase the yield and quality of flax products // Brazilian Journal of Biology. 2025. Vol. 85. P. e287276. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.287276>.

Статья поступила в редакцию 10 июня 2026 г.

Поступила после доработки 24 июня 2026 г.

Принята к печати 28 июня 2026 г.

Received 10, June, 2026

Revised 24, June, 2026

Accepted 28, June, 2026