

Zeken Dinmukhamed Sansyzbayuly * – Student, Faculty of biology and biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, 050040, Almaty, 71 Al-Farabi Ave., tel.: +7-700-487-19-45, e-mail: dinmukhamedzek@gmail.com.

Yerzhan Arailym Yergalikyzy – Master, Junior Researcher of the Molecular Genetics Laboratory, RSE “Institute of Genetics and Physiology” of the Science Committee, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Republic of Kazakhstan, 050060, Almaty, 93 Al-Farabi Ave., tel.: +7-777-916-64-63, e-mail: aerzhan3105@gmail.com.

Yergali Kanagat – Master, Junior Researcher of the Molecular Genetics Laboratory, RSE “Institute of Genetics and Physiology” of the Science Committee, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Republic of Kazakhstan, 050060, Almaty, 93 Al-Farabi Ave., tel.: +7-778-938-21-51, e-mail: ergaly.kanagat@gmail.com.

Bekmanov Bakhytzhan Orakbayevich – Candidate of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher of the Molecular Genetics Laboratory, RSE “Institute of Genetics and Physiology” of the Science Committee, Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Republic of Kazakhstan, 050060, Almaty, 93 Al-Farabi Ave., tel.: +7-701-758-81-84, e-mail: bobekman@rambler.ru.

МРНТИ 68.33.29

УДК 631.417.2:631.84:633.1(045)

<https://doi.org/10.52269/RWEP2521121>

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И НИТРАТНОГО АЗОТА В ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Касипхан А.* – доктор PhD, заведующая Агроэкологическим испытательным центром, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», г. Астана, Казахстан.

Кекілбаева Г.Р. – кандидат биологических наук, и.о. ассоциированного профессора, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», г. Астана, Казахстан.

Кашкаров А.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. ассоциированного профессора, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», г. Астана, Казахстан.

Сальникова Э.Р. – доктор PhD, профессор отдела естественных наук, Институт междисциплинарных исследований, Белградский университет, г. Белград, Республика Сербия.

В представленной работе изложены результаты исследования воздействия минеральных удобрений на содержание гумуса, его фракционный состав, а также динамика нитратного азота в агроценозах яровой пшеницы сорта «Шортандинская 2012» в условиях сухостепной зоны Карагандинской области. Установлено, что в первый год применения удобрений существенных изменений в содержании гумуса не наблюдалось. При внесении удобрения P82 кг/га д.в. наблюдается небольшое повышение содержания гумуса по сравнению с контрольным вариантом. Совместное применение аммофоса и сульфата аммония (P82 кг/га д.в. + N17 мг/кг д.в.) способствовало значительному повышению содержания гумуса в темно-каштановых почвах. Установлено, что концентрация нитратного азота ($N-NO_3$) возрастала в зависимости от комбинированного внесения указанных удобрений. На варианте с предварительным внесением фосфора в дозе 82 кг/га д.в. в сочетании с азотом (17 мг/кг д.в.) уровень нитратного азота был выше по сравнению с фосфорным фоном без азотного компонента. В условиях засушливого 2021 года отмечалась повышенная аккумуляция $N-NO_3$ в верхнем горизонте почвенного профиля. По результатам проведенных исследований установлено, что в отсутствии удобрений происходит снижение содержания гумуса и азота, а также разложение не только подвижных форм элементов питания, но и устойчивых соединений органического вещества почвы.

Ключевые слова: темно-каштановые почвы, нитратный азот, фракционно-групповой состав гумуса, гуминовые кислоты, минеральные удобрения, залежь.

ҚАРАҒАНДЫ ОБЛЫСЫНЫҢ КҮҢГІРТ ҚАРА-ҚОҢЫР ТОПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ ОРГАНИКАЛЫҚ ЗАТТАР МЕН НИТРАТТЫ АЗОТТЫҢ ТРАНСФОРМАЦИЯСЫНДА МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ РӨЛІ

Касипхан А.* – PhD докторы, Агроэкологиялық сынақ орталығының меңгерушісі С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Кекілбаева Г.Р. – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор м.а., С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Кашкаров А.А. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор м.а., С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Сальникова Э.Р. – PhD докторы, жаратылыстану ғылымдары бөлімінің профессоры, Пэнаралық зерттеулер институты, Белград университеті, Белград қ., Сербия Республикасы.

Бұл жұмыста Қарағанды облысының құрғақ дала аймағында «Шортанды 2012» жаздық бидай сортының агроценоздарында минералды тыңайтқыштардың гумус мөлшеріне, оның фракциялық құрамына және нитратты азоттың динамикасына әсері зерттелді. Тыңайтқыштар қолданудың алғашқы жылында гумус мөлшерінде елеулі өзгерістер байқалмағаны анықталды. P82 кг/га ө.ө.з. мөлшерінде фосфор тыңайтқышын енгізгенде бақылау нұсқасымен салыстырғанда гумус мөлшерінің аздап жоғарылауы байқалды. Аммофос пен аммоний сульфатын (P82 кг/га ө.ө.з. + N17 мг/кг ө.ө.з.) бірге еңгізу күңгірт қара-қоңыр топырақтардағы гумус мөлшерінің айтарлықтай артуына ықпал етті. Жоғарыда аталған тыңайтқыштарды біріктіріп енгізуге байланысты N-NO₃ концентрациясы артқаны анықталды. Фосфорды алдын ала 82 кг/га ө.ө.з. мөлшерінде азотпен (17 мг/кг ө.ө.з.) бірге енгізген нұсқада нитратты азот мөлшері азотсыз фосфор фонындағы нұсқамен салыстырғанда жоғары болды. 2021 жылғы қуаңшылық жағдайында топырақтың жоғарғы қабатында N-NO₃ айтарлықтай жиналуы байқалды. Жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша тыңайтқыштар енгізілмеген нұсқаларда қарашірінді мен нитратты азот мөлшері азайғандығы, яғни қоректік заттардың жылжымалы түрлері ғана емес, сонымен қатар топырақтағы органикалық заттардың тұрақты қосылыстары да ыдырайтындығы анықталды.

Түйінді сөздер: күңгірт қара-қоңыр топырақтар, нитратты азот, қарашіріндінің фракциялық-топтық құрамы, гумин қышқылдары, минералды тыңайтқыштар, тың жер.

THE ROLE OF MINERAL FERTILIZERS IN THE TRANSFORMATION OF ORGANIC MATTER AND NITRATE NITROGEN IN DARK CHESTNUT SOILS OF THE KARAGANDA REGION

Kassipkhan A.* – PhD, Head of the Agroecological testing center of the S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan.

Kekilbayeva G.R. – Candidate of Biological Sciences, acting Associate Professor, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan.

Kashkarov A.A. – Candidate of Agricultural Sciences, acting Associate Professor, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan.

Salnikova E.R. – PhD, Professor of the Department of life sciences, Institute of Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Belgrade, Republic of Serbia.

This article presents the results of an investigation into the effects of mineral fertilizers on humus content, its fractional composition, and the dynamics of nitrate nitrogen in agrocenosis of spring wheat of the 'Shortandinskaya 2012' variety under the dry-steppe conditions of the Karaganda region. It was found that no significant changes in humus content occurred during the first year of fertilizer application.

The application of nitrogen fertilizer at a rate of 82 kg/ha a.i. resulted in a slight increase in humus content compared to the control. The combined use of ammophos and ammonium sulfate (P82 kg/ha a.i. + N17 mg/kg a.i.) led to a significant increase in humus content in dark chestnut soils. It was found that the concentration of nitrate nitrogen (N-NO₃) increased depending on the combined application of these fertilizers. In the treatment with preliminary phosphorus application at a rate of 82 kg/ha a.i. combined with nitrogen (17 mg/kg a.i.), the level of nitrate nitrogen was higher compared to phosphorus-only treatments without nitrogen supplementation. Under the arid conditions of 2021, enhanced accumulation of N-NO₃ was observed in the upper horizon of the soil profile. The research results indicate that, in the absence of fertilization, there is a decline in both humus and nitrogen content, as well as the degradation of not only mobile nutrient forms but also stable compounds of soil organic matter.

Key words: dark chestnut soils, nitrate nitrogen, fractional-group composition of humus, humic acids, mineral fertilizers, fallow land.

Введение. Одной из задач сельского хозяйства является увеличение его производства, которое невозможно без сохранения и воспроизводства плодородия почвы в наши дни. Интенсивное земледелие в настоящее время нарушает все свои законы, в частности закон возврата и закон оптимума, что может привести к кризису сельского хозяйства.

Сохранение почвенного плодородия и оптимизация агрохимических свойств в условиях современного земледелия являются ключевыми факторами обеспечения устойчивого уровня продуктивности сельскохозяйственных культур. Реализация данных задач возможна исключительно при рациональном и научно обоснованном применении минеральных и органических удобрений. Разработка эффективных агрохимических мероприятий по стабилизации питательного режима почв требует установления количественных и качественных взаимосвязей между нормами внесения удобрений, содержанием элементов питания в почвенном профиле, а также урожайностью и качеством продукции в конкретных почвенно-климатических условиях.

В современном мире за последние 50 лет наблюдается интенсивное снижение плодородия почвы, это связано с введением интенсивного сельскохозяйственного производства, которое привело к дегумификации. Одной из основных причин является сокращение поступления органических веществ на поля, что снижает процессы минерализации и ухудшает биологическое состояние почв [1, с.308; 2, с.17; 3, с.1380; 4, с.100]. Данный фактор оказывает существенное влияние на процессы гумификации и формирование качественного гумуса в почве. В связи с этим, особо важно учитывать потенциальные негативные трансформации органического вещества почвы, обусловленные различными режимами использования пахотных земель.

Регулярная агротехническая деятельность, включая обработку почвы, возделывание сельскохозяйственных культур, применение удобрений и средств защиты растений, а также развитие эрозионных процессов, обуславливает значительные изменения в агрохимических характеристиках почв. При этом направленность трансформационных процессов, определяющих уровень почвенного плодородия, может быть как положительной, так и отрицательной, в зависимости от интенсивности и характера применяемых агроприёмов.

В настоящее время одним из эффективных способов улучшения органического вещества почвы является рациональное использование удобрений, способствующее поддержанию и увеличению уровня гумуса и его сбалансированности. Использование минеральных удобрений снижает значимость гумуса как основного источника питания для растений, однако нужно отметить, что одновременно усиливается его участие в регуляции почвенных процессов.

Также, есть публикации многих авторов, которые приводят данные о том, что использование минеральных удобрений оказывает негативное влияние на органическое вещество почвы [5, с.4; 6, с.4; 7, с.68]. Интенсивное использование, в особенности азотных удобрений, нарушает равновесие между минерализацией и иммобилизацией в сторону минерализации органического вещества, что приводит к разрушению гумуса. Кроме того, интенсивное применение минеральных удобрений влияет на структурный состав почвы и, в следствие, на плотность сложения. Плотность почвы оказывает влияние на воздушные, тепловые и водные режимы почвы и соответственно на биологическую активность. Также есть данные ученых, которые проанализировали результаты рецензируемых исследований в рамках метаанализа и пришли к выводу, что применение минеральных удобрений увеличило содержание органического углерода в почве. По всем наборам данных применение минеральных удобрений значительно увеличило содержание $C_{орг}$ по сравнению с контролем без удобрений в среднем на 12,8%. Только 17% наборов данных сообщили о более низком содержании $C_{орг}$ на удобренных участках. Это было связано с pH [8, с.9; 9, с.73; 10, с.54; 11, с.51; 12, с.152; 13, с.129].

В условиях сухостепной зоны Карагандинской области, являющейся одним из ведущих зернопроизводящих регионов Казахстана, вопросы подобного характера ранее также становились предметом изучения. Следует выделить научные исследования, проведенные С. Абдыхалыковым и Т. Джаланкузовым, которые внесли значительный вклад в изучение данного вопроса [14, с.14; 15, с.14]. Однако указанные исследования в основном были сосредоточены на изучении свойств зональных черноземов. Также нами проводились опыты на темно-каштановых почвах Акмолинской области [16, с.47]. Проблематика влияния минеральных удобрений на содержание и качественный состав гумуса темно-каштановых почв в сопоставлении с залежными зональными почвами, а также вопрос оценки воздействия сроков и норм внесения азотных удобрений на динамику нитратного азота, остаются недостаточно проработанными и требуют дальнейших комплексных исследований. Тем более учитывая современное состояние плодородия темно-каштановых почв, используемых под посевами сельскохозяйственных культур.

Целью данного исследования является выявление изменений качественного состава гумуса и динамики нитратного азота темно-каштановых почв в условиях Карагандинской области при различных дозах минеральных удобрений.

Задачи исследования: определить и изучить динамику содержания нитратного азота ($N-NO_3$) в зависимости от доз и комбинаций минеральных удобрений.

1. Определить содержание гумуса на темно-каштановых почвах Карагандинской области в зависимости от доз и сочетаний внесённых минеральных удобрений.

2. Проанализировать изменения фракционно-группового состава гумуса (гуминовые и фульвокислоты) под воздействием минеральных удобрений.

Материалы и методы исследования. Полевые исследования проводились в течение трёх лет (2021–2023 гг.) на территории сельскохозяйственных угодий ТОО «Найдоровское», расположенных в Целиноградском районе Карагандинской области.

Почва на опытном участке характеризовалась как темно-каштановая, карбонатная, среднесуглинистая по гранулометрическому составу. До начала внесения удобрений содержание гумуса составляло лишь 2,9%, что свидетельствует о его низком уровне. Подвижные формы фосфора также находились в дефиците – 13,0 мг/кг, тогда как содержание обменного калия было высоким и достигало 680 мг/кг, что соответствует типичным характеристикам темно-каштановых почв. Реакция почвенного раствора была среднещелочной (рН 8,15), а сумма поглощённых оснований составила 24,51 мг-экв/100 г почвы.

Климат области резко континентальный, сухой. Высокая степень континентальности проявляется в больших годовых и суточных амплитудах температуры и в неустойчивости климатических показателей во времени.

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2021 года в целом соответствовали среднемноголетним показателям для региона. За период с мая по август суммарное количество осадков составило 76 мм, что несколько ниже среднестатистических значений. Средняя температура воздуха за указанный период не превышала 19,3 °С и находилась в пределах климатической нормы. В 2022 году условия вегетационного периода отличались повышенным уровнем атмосферных осадков – за май–август выпало 123 мм, что стало максимальным значением за весь трёхлетний цикл наблюдений. Средняя температура воздуха в этот период составила 18,2 °С, что близко к среднемноголетним значениям. Вегетационный сезон 2023 года характеризовался температурным режимом, соответствующим многолетним нормам, при средней температуре воздуха 17,5 °С. Количество осадков за период с мая по август 2023 года было минимальным и составило всего 52 мм.

Для исследования влияния минеральных удобрений на динамику нитратного азота был заложен опыт в трехкратной повторности, по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений);
2. Р 82 кг/га д.в.;
3. Р 82 кг/га д.в. + N 17 кг/га д.в.

Размер одной опытной делянки составил 0,115 м². Для опыта использовали яровую мягкую пшеницу сорта Шортандинская 2012 (выведен в 2015 году, среднеранний тип созревания). Применяемая в ходе полевых опытов агротехника соответствовала общепринятым требованиям и рекомендациям, принятым для условий данной почвенно-климатической зоны. Из минеральных удобрений в опыте использовались аммофос (Р 46 % д.в.) и сульфат аммония (N 21%).

Для исследования влияния минеральных удобрений на фракционный состав гумуса были отобраны образцы почв по следующей схеме:

1. Залежь (многолетний);
2. Контроль (без удобрений);
3. Р 82 кг/га д.в. + N 17 кг/га д.в.

Для определения основных агрохимических показателей почв были использованы общепринятые в агрохимии методы для карбонатных почв:

- отбор образцов почв (ГОСТ 58595-2019);
- подготовка образцов почвы к анализу (ГОСТ 29269-91);
- нитратный азот определяли ионометрическим методом на рН-метр-иономере ИТАН (ГОСТ 26951-86), суть метода заключается в экстракции нитратов из почвенной пробы 1% раствором алюмокалиевых квасцов при соотношении почва: раствор = 1:2,5, с последующим определением концентрации нитратов в полученной вытяжке с использованием ионоселективного электрода;
- определение органического вещества (гумуса) проводилось согласно ГОСТ 26213-2021 методом окисления органических соединений раствором двухромовокислого калия в присутствии серной кислоты. Полученное количество трёхвалентного хрома, эквивалентное содержанию органического вещества, определяли спектрофотометрически с использованием прибора photoLab 7100 VIS;
- определение фракционного состава гумуса проводилось с использованием ускоренного метода, разработанного М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой. Для оценки гумусовых веществ применялась классическая схема фракционно-группового анализа по И.В. Тюрину в различных её модификациях, зарекомендовавшая себя в длительной практике исследований. Экстракция гуминовых соединений осуществлялась с использованием смеси 0,1 М пиродифосфата натрия и 0,1 н гидроксида натрия при значении рН около 13. Особенностью данного метода является отсутствие стадии декальцинирования почвы, что позволяет значительно сократить время проведения анализа. Осаждение гуминовых кислот осуществлялось путём внесения 1 н раствора серной кислоты в полученную пиродифосфатную вытяжку. В дальнейшем пиродифосфатная вытяжка и раствор гуминовых кислот были высушены при 40 градусах. Определение С_{общ} и С_{гк} проводилось по методу высокотемпературного каталитического сжигания на элементном анализаторе Elementar Vario Max Cube CNS.

Результаты исследований и их обсуждение. В современных агрохимических исследованиях особое внимание уделяется изучению процессов минерализации азота, поступающего как из почвенного органического вещества, так и из вносимых удобрений. Трансформация органического азота в доступные для растений минеральные формы рассматривается как один из важнейших механизмов азотного питания культурных растений. В этой связи полноценное использование потенциала почвы для повышения урожайности невозможно без комплексного изучения как непосредственного действия минеральных удобрений, так и их опосредованного влияния, проявляющегося через активизацию минерализационных процессов и мобилизацию дополнительных количеств доступного азота.

С учётом продолжительности трансформационных процессов азота в почве, на начальной стадии исследований была проведена оценка воздействия азотных удобрений на содержание одной из основных форм минерального азота – нитратного азота, а также на уровень органического вещества в почвенной среде.

Аккумуляция нитратного азота в корнеобитаемом горизонте почвы представляет собой один из ключевых факторов, определяющих продуктивность зерновых культур и качество получаемого урожая. На интенсивность процессов нитрификации существенное влияние оказывают количество, видовой состав и пространственное распределение пожнивных остатков предшественников в верхнем слое почвы.

Нитратный азот представляет собой наиболее подвижную форму азота в почвенной среде и является конечным продуктом минерализации органических азотсодержащих соединений. Согласно нашим данным за последние десять лет, среднее содержание нитратного азота в слое 0–40 см южных чернозёмов составляет 6–10 мг/кг. Следует отметить, что уровень нитратного азота в пахотных почвах в течение вегетационного периода подвержен значительным колебаниям, обусловленным интенсивностью процессов нитрификации. Данные процессы зависят от комплекса факторов, включая погодные условия, особенности агротехнических приёмов и биологические характеристики возделываемых культур. В отличие от аммонийной формы, нитратный азот более чувствителен к изменениям в биологической активности почвы и служит индикатором её биологической динамики.

Результаты проведённых исследований свидетельствуют о положительном воздействии минеральных удобрений на содержание гумуса в условиях естественного уровня плодородия. В то же время на контрольном участке, где удобрения не вносились, отмечено снижение содержания гумуса с 2,90 % до 2,14 % за трёхлетний период (рисунок 1).

В 2021 году содержание гумуса во всех вариантах опыта находилось на одинаковом уровне и, согласно градации И.В. Тюрина, классифицировалось как низкое. По сравнению с 2021 годом, в 2022 году внесение исключительно фосфорных удобрений способствовало увеличению содержания гумуса на 0,11 % по сравнению с контролем, тогда как комбинированное применение азотных и фосфорных удобрений обеспечило прирост данного показателя на 0,53 %. На третий год исследований повышение гумуса осталось на том же уровне, как и в 2022 году. Незначительное повышение содержания гумуса можно объяснить усилением процессов минерализации за счёт внесённых минеральных удобрений [17, с.24; 18, с.11]. Также данный эффект можно объяснить тем, что внесение фосфорных удобрений способствует снижению интенсивности процессов минерализации гумуса, а также замедляет мобилизацию почвенного азота из органических соединений, тем самым уменьшая потери органического вещества.

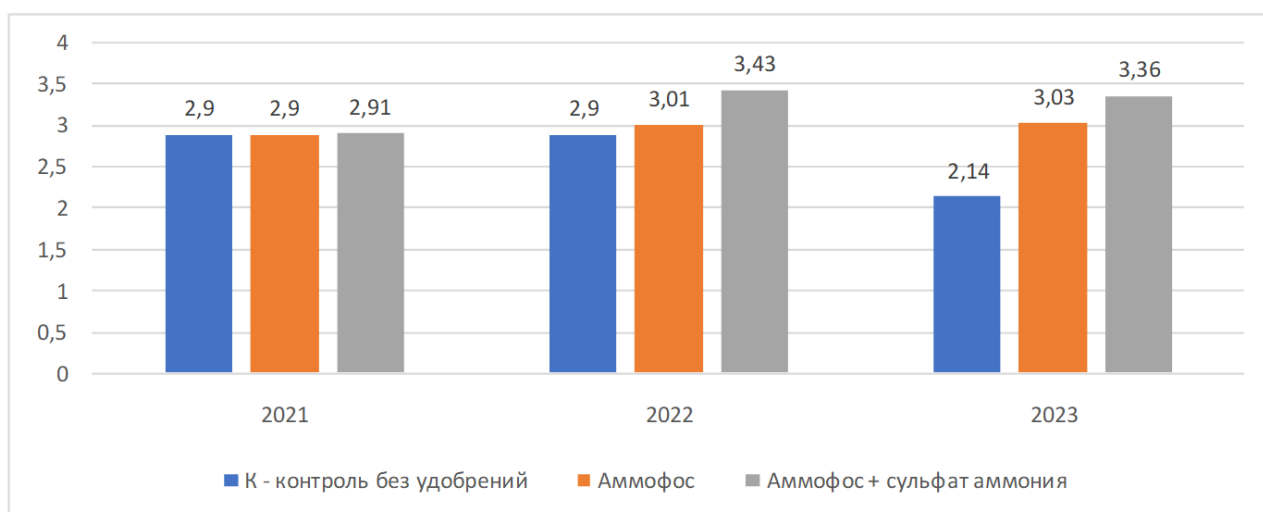


Рисунок 1 – Динамика содержания гумуса в зависимости от применения азотных и фосфорных удобрений, %

Азотное состояние почвы находится в прямой зависимости от содержания гумуса, который является основным резервом этого элемента. Полученные в ходе исследований данные показали, что среднесезонная концентрация нитратного азота ($N-NO_3$) увеличивалась пропорционально росту доз внесённых азотных удобрений. На динамику нитратного азота также существенно влияли метеорологические условия в годы проведения опытов. Как демонстрируют данные таблицы 1, использование азотных удобрений приводит к повышению содержания нитратной формы азота в корнеобитаемом слое почвы.

Результаты проведённых исследований показали, что динамика содержания нитратного азота в почве изменяется в зависимости от фаз развития культуры. Согласно агрохимическим данным почв опытного участка ТОО «Найдоровское», перед посевом культур содержание нитратного азота на всех вариантах находилось в различных классах обеспеченности. На контрольном варианте этот показатель был в пределах 8,4–11,2 мг/кг, что соответствует среднему уровню обеспеченности. Если на варианте с внесением только аммофоса данный показатель составлял от 10,4 до 13,8 мг/кг, то на варианте совместного внесения аммофоса с азотным удобрением содержание нитратного азота было от 10,7 до 14,9 мг/кг.

В фазе кущения на контрольном варианте можно увидеть, что по всем трем годам наблюдается тенденция увеличения содержания нитратного азота и резкое снижение в фазе колошения вплоть до уровня до посева.

На варианте с аммофосом (Р 82 кг/га д.в.) содержание нитратного азота до посева было в пределах от 10,4 до 13,8 мг/кг. В фазе кущения на всех трех годах видно резкое увеличение содержания нитратного азота: в 2021 году – 18,4 мг/кг, в 2022 году – 21,5 мг/кг и в 2023 году – 19,2 мг/кг. Если сравнивать с контрольным вариантом можно заметить что, внесенная доза аммофоса повлияло на увеличение содержания нитратного азота в фазе кущения в 2021 году на 4,1 мг/кг, в 2022 году на 8 мг/кг и в 2023 году на 3 мг/кг. На этом же варианте в фазе колошения содержание нитратного азота во всех годах снизилось до уровня, соответствующего до посевному показателю (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, внесение аммофоса совместно с азотным удобрением (Р82 кг/га д.в. + N17 кг/га д.в.) по сравнению с контролем увеличило содержание нитратного азота в почве в фазе кущения в 2021 году – на 8 мг/кг, в 2022 году – на 7,6 мг/кг и в 2023 году на – 7,9 мг/кг. Содержание нитратного азота в фазе колошения в 2021 году на этом же варианте снизилось до уровня, соответствующего до посевного показателя, а в 2022 и в 2023 годах этот показатель был выше, чем на других вариантах.

В засушливых условиях 2021 года зафиксирована тенденция к повышенной аккумуляции нитратного азота ($N-NO_3$) в верхнем слое почвенного профиля. В среднем за трёхлетний период по всем трем вариантам можно увидеть тенденцию влияния внесённых удобрений на увеличение содержания нитратного азота в почве.

Азот в форме аммония (NH_4^+), содержащийся в сульфате аммония, легко усваивается растениями с хорошо развитой корневой системой. В суглинистых почвах при достаточном уровне влажности он остаётся относительно неподвижным и не подвержен вымыванию. Сера в виде сульфатов (SO_4^{2-}) также доступна для поглощения большинством сельскохозяйственных культур. Со временем азот из сульфата аммония переходит в нитратную форму в результате процессов нитрификации.

Таблица 1 – Динамика $N-NO_3$ в почве под посевами яровой пшеницы в зависимости от удобрений

Культура	Фон	До посева	Фаза		До посева	Фаза		До посева	Фаза	
			кущения	колошения		кущения	колошения		кущения	колошения
		2021			2022			2023		
Шортандинская 2012	Контроль	11,2	14,3	9,4	10,8	13,5	8,0	8,4	16,2	8,7
	*Ф1	13,8	18,4	10,5	12,7	21,5	9,4	10,4	19,2	10,3
	**Ф2	14,9	22,3	12,5	13,0	21,1	13,8	10,7	24,1	14,2
*Аммофос (Р 82 кг/га д.в.);										
** Аммофос + сульфат аммоний (Р 82 кг/га д.в. + N 17 кг/га д.в.)										

По результатам проведенных исследований видно, что отдельное внесение фосфорного удобрения, так и совместное внесение с азотным удобрением оказали положительное влияние на содержание нитратного азота.

При изучении влияния минеральных удобрений на органическое вещество почвы особый интерес вызывает трансформация его качественного состава [19, с.32]. Это открывает перспективы целенаправленного регулирования гумусового состояния почвы посредством рационального применения удобрений и способствует более глубокому пониманию процессов, происходящих в её гумусовом профиле [20, с.166].

Гуминовая кислота – это смесь органических соединений со множеством функциональных групп, которые образуют химические связи не только с металлами, но и с некоторыми неметаллами. При этом в незначительной мере улучшает подвижность элементов, поступающих в почву и необходимых для питания растений.

Изменение качественного состава гумуса зависит от биоклиматических условий и сезонности отбора. Исследования показали, что снижение содержания гумуса на черноземах обыкновенных карбонатных до 2,1-2,5% меняет фракционно-групповой состав гумуса, где в большой степени изменяется негидролизуемый остаток до 77-83%, что свидетельствует об уменьшении функциональных групп в периферийных молекулах гуминовых кислот, в следствие уменьшается их способность вступать в химических связи с металлами и неметаллами [17, с.26].

В результате интенсивного земледелия на темно-каштановых почвах происходит снижение содержания гумуса в пахотном горизонте на 0,31-0,64 % по сравнению с залежными почвами. Темно-каштановые почвы характеризуются малой мощностью гумусового горизонта и соответственно включение в пахотный горизонт и нижележащих горизонта, что увеличивает потерю гумуса. При этом уменьшается поступление растительных остатков и увеличивается процесс разложения и минерализации гумуса, а также процессы дефляции почвы. Переход пахотных почв в залежь сопровождается изменением круговорота веществ в почве, изменением всех режимов (воздушного, водного, теплового), а также небольшим увеличением гумуса почвы. Органическое вещество увеличивается в залежах только в верхних горизонтах на 0-5 см, а далее остается как в агропочвах. Такая тенденция является следствием того, что в залежах верхний горизонт дифференцируется на два подгоризонта: верхний и нижний. Каждый подгоризонт характеризуется своими процессами. Например, в верхнем горизонте происходит разрастание растительности, соответственно увеличивается дерновый и микробиологический процесс, что сопровождается увеличением массы корневой системы растений до 5-10 см, а нижний – остается уплотненным, с меньшим количеством корней, слабым биологическим процессом. В каждом подгоризонте процесс гумусообразования протекает по-разному [21, с.76].

В целях определения влияния минеральных удобрений на качественный показатель органического вещества почвы было проведено определение группового и фракционного состава гумуса по отдельным вариантам в сравнении с почвой, которая длительное время была отведена в залежь.

Анализ данных, представленных в таблице 2, свидетельствует о том, что уровень гумуса в темно-каштановых почвах в условиях сельскохозяйственного использования характеризуется нестабильностью и склонностью к изменениям.

Таблица 2 – Содержание общего углерода и состав гумуса темно-каштановой почвы, 0-20 см

Варианты	C _{орг.} , %	C _{орг} извлек. смесью Na ₄ P ₂ O ₇ +NaOH	Углерод отдельных групп гумусовых веществ					$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$
			гуминовые кислоты			фульвокис- лоты	остаток	
			всего	из них				
				свободн. и связ. с R ₂ O ₃	связан. с Ca			
Залежь	3,22	$\frac{1,988}{61,74}$	$\frac{1,081}{54,38}$	$\frac{0,718}{36,12}$	$\frac{0,363}{18,26}$	$\frac{0,907}{45,62}$	$\frac{1,232}{38,26}$	1,19
Контроль (без удобрен)	2,58	$\frac{1,455}{56,39}$	$\frac{0,893}{61,37}$	$\frac{0,610}{41,92}$	$\frac{0,283}{19,45}$	$\frac{0,562}{38,63}$	$\frac{1,125}{43,61}$	1,58
P82 кг/га д.в. + N17 кг/га д.в.	2,91	$\frac{1,802}{61,92}$	$\frac{1,116}{61,93}$	$\frac{0,712}{39,51}$	$\frac{0,404}{25,02}$	$\frac{0,686}{38,06}$	$\frac{1,108}{38,08}$	1,62

Примечание: в числителе – % к весу почвы, в знаменателе – % от общего органического углерода почвы.

На основании полученных результатов установлено, что при сопоставлении залежного участка с контрольным и удобренными вариантами отмечается закономерное уменьшение содержания общего органического углерода в агропочвах. В залежном участке содержание общего органического углерода составляет 3,22%, тогда как в контрольном варианте этот показатель снижается до 2,58%, а при применении удобрений достигает 2,91%. Таким образом, вовлечение почвы в сельскохозяйственный

оборот без применения удобрений приводит к потере гумуса, в то время как минеральное удобрение частично компенсирует это снижение.

Фракционный анализ гумусовых веществ показал, что гуминовые кислоты ($C_{гк}$) доминируют в гумусовом профиле почвы, их содержание максимально в зависимости от уровня агрохимической нагрузки. На удобренном фоне содержание $C_{гк}$ составляет 1,116%, что превышает уровень контрольного варианта (0,893%) и близко к залежному (1,081%). При этом распределение фракций $C_{гк}$ демонстрирует значительные различия: доля гуминовых кислот, связанных с оксидами Fe и Al (R_2O_3), при внесении удобрений составляет 0,712%, а связанных с Ca – 0,404%, что может свидетельствовать о формировании более устойчивых гумусовых комплексов в результате агрохимического воздействия.

Уровень содержания фульвокислот ($C_{фк}$) изменяется в зависимости от агрофона: наибольшее значение отмечается на залежных землях – 0,907%, тогда как в контрольном варианте и при внесении удобрений данный показатель снижается до 0,562% и 0,686% соответственно. Такое изменение способствует увеличению коэффициента соотношения $C_{гк}/C_{фк}$, который рассматривается как важный диагностический показатель зрелости и стабильности гумусового вещества. Если в почве залежного участка данный показатель равен 1,19, то в контроле он возрастает до 1,58, а при применении минеральных удобрений достигает 1,62. Повышение данного коэффициента указывает на улучшение структурно-химической организации гумусовых веществ, т.е. усиление процессов гумификации и образование более поликонденсированных форм органического вещества.

Отдельного внимания заслуживает анализ негидролизующего остатка, отражающего содержание стабильных, устойчивых к микробиологическому разложению форм гумуса. На залежи его содержание составляет 1,232%, тогда как в контроле – 1,125%, а при внесении удобрений – 1,108%. Снижение данной фракции может быть интерпретировано как частичная мобилизация устойчивых органических соединений при переходе почвы к агроэкосистеме, особенно при активизации микробиологических процессов в условиях удобренного фона.

Таким образом, данные, приведённые в таблице, подтверждают, что использование темно-каштановых почв в сельскохозяйственных целях без внесения удобрений приводит к деградационным изменениям гумусового профиля. В то же время грамотное применение фосфорно-азотных удобрений способствует не только сохранению гумусового состояния, но и улучшению его качественного состава за счёт повышения содержания гуминовых кислот и увеличения соотношения $C_{гк}/C_{фк}$, что является признаком стабильности и зрелости гумусовых веществ. Также это подтверждается данными других ученых [22, с.956; 23, с.1313]. Однако наблюдаемое снижение негидролизующего остатка требует дальнейшего мониторинга устойчивости гумусовых соединений при длительном использовании минеральных удобрений.

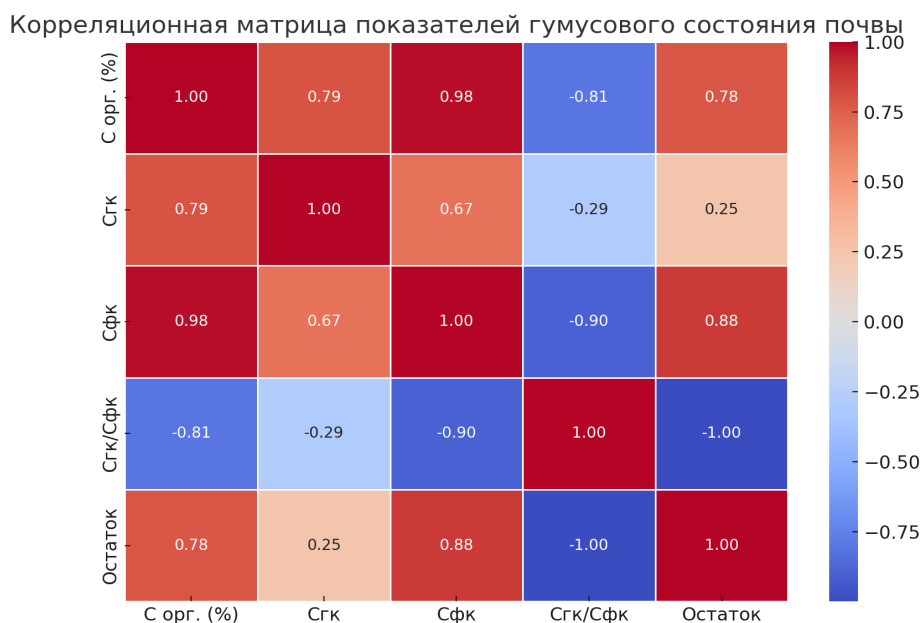


Рисунок 2 – Корреляционная матрица показателей гумусового состояния темно-каштановой почвы (0–20 см)

На рисунке представлена матрица коэффициентов парной корреляции между основными показателями фракционно-группового состава гумуса: содержанием общего органического углерода ($C_{орг.} (\%)$), гуминовых кислот ($C_{гк}$), фульвокислот ($C_{фк}$), их соотношением ($C_{гк}/C_{фк}$), а также долей негидролизующего остатка.

Цветовая градация от тёплого (красного) к холодному (синему) отражает степень и направление корреляции: положительные значения ($r > 0$) указывают на прямую зависимость между показателями, отрицательные ($r < 0$) – на обратную. Наиболее выражены корреляции между $C_{орг}$ и $C_{фк}$ ($r = 0,98$), $C_{гк}/C_{фк}$ и остатком ($r = -0,999$), а также $C_{гк}/C_{фк}$ и $C_{фк}$ ($r = -0,90$), что свидетельствует о сложных взаимодействиях между содержанием и устойчивостью гумусовых веществ в условиях различных агрофонов.

Закключение. Применение минеральных удобрений на темно-каштановых почвах восполняет вынос элементов питания вместе с урожаем и увеличивает содержание нитратного азота в почве, а также улучшает качественный состав гумуса, выражающейся в увеличении доли гуминовых кислот в общей структуре органического вещества почвы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Когут, Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах [Текст] / Б.М. Когут // Почвоведение. – 2003. – № 3. – С. 308-316.
2. Малышева, Ю.А., Полякова, Н.В., Платонычева, Ю.Н. Содержание органического вещества в почве в звеньях севооборота с сидеральными культурами [Текст] / Ю.А. Малышева, Н.В. Полякова, Ю.Н. Платонычева // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 16-17.
3. Li, N. Foreword: Degradation and evolution of Mollisols under different management practices and climate change [Text] / N. Li, L.-J. Li, X. Zhu-Barker, Y. Cheng, J.-J. Liu, S.X. Chang // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2022. – Vol. 86. – P. 1379-1382.
4. Череввердин, А.Ю. Основные свойства и характеристики черноземов степной зоны [Текст] / А.Ю. Череввердин // Науч. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 2(18). – С. 98-110.
5. Безуглов, В.Г., Гогмачадзе, Г.Д. Минеральные удобрения и свойства почвы [Текст] / В.Г. Безуглов, Г.Д. Гогмачадзе // ВНИИ Агроэкоинформ. – 2009. – № 2(5). – С. 3-5.
6. Новиков, А.А. Баланс гумуса и энергетических ресурсов почвы под влиянием обработки и удобрений [Текст] / А.А. Новиков // Науч. журн. КубГАУ. – 2023. – № 185(01). – С. 1-5.
7. Елешев, Р.Е., Умбетов, А.К., Рамазанова, Р.Х. Влияние удобрений на плодородие почвы и продуктивность масличных и зернобобовых культур в орошаемой зоне Юго-Востока Казахстана [Текст] / Р.Е. Елешев, А.К. Умбетов, Р.Х. Рамазанова // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 68-78.
8. Донских, И.Н., Баранова, Е.В., Рахимгалиева, С.Ж. Групповой и фракционный состав гумуса темно-каштановых почв Западного Казахстана [Текст] / И.Н. Донских, Е.В. Баранова, С.Ж. Рахимгалиева // Плодородие. – 2013. – № 5. – С. 9-14.
9. Гасанова, Е.С. Влияние органоминеральных удобрений на систему органического вещества чернозема выщелоченного [Текст] / Е.С. Гасанова // Агропром. технол. Центр. России. – 2019. – № 4(14). – С. 73-79.
10. Geisseler, D. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review [Text] / D. Geisseler, K.M. Scow // Soil Biol. Biochem. – 2014. – Vol. 75. – P. 54-63.
11. Чеботарев, Н.Т., Микушева, Е.Н., Мушинский, А.А. Влияние минеральных удобрений на фоне известкования на фракционный состав и баланс гумуса дерново-подзолистой почвы севера [Текст] / Н.Т. Чеботарев, Е.Н. Микушева, А.А. Мушинский // Аграрная наука. – 2019. – № 9. – С. 51-54.
12. Аксенова, Ю.В., Азаренко, Ю.А. Влияние длительного антропогенного воздействия на плодородие лугово-черноземной почвы Омского Прииртышья [Текст] / Ю.В. Аксенова, Ю.А. Азаренко // Междунар. науч. конф. – Пермь, 2019. – С. 151-155.
13. Urrutia, O. Physico-chemical characterization of humic-metal-phosphate complexes and their potential application to the manufacture of new types of phosphate-based fertilizers [Text] / O. Urrutia, J. Erro, I. Guardado et al. // J. Plant Nutr. Soil Sci. – 2014. – Vol. 177, No 2. – P. 128-136.
14. Абдыхалыков, С.Д., Редков, В.В. Изменение морфогенетических показателей черноземов южных и темно-каштановых почв под влиянием обработки [Текст] / С.Д. Абдыхалыков, В.В. Редков // Изв. НАН РК. Сер. биол. – 1993. – № 2. – С. 67-70.
15. Джаланкузов, Т., Нугманов, А., Тулаев, Ю., Назанова, Г. Применение ресурсосберегающей технологии – залог сохранения плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур [Текст] / Т. Джаланкузов, А. Нугманов, Ю. Тулаев, Г. Назанова // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 4. – С. 14-21.
16. Куришбаев, А.К., Рамазанова, Р.Х., Кекилбаева, Г.Р., Касипхан, А. Влияние удобрений на содержание гумуса и нитратного азота в темно-каштановой почве под посевами ярового тритикале в условиях Северного Казахстана [Текст] / А.К. Куришбаев, Р.Х. Рамазанова, Г.Р. Кекилбаева, А. Касипхан // Вестн. Алтай. гос. аграр. ун-та. – 2018. – № 1(159). – С. 47-50.
17. Безуглова, О.С. Гумусное состояние черноземов остепняющихся территорий [Текст] / О.С. Безуглова // Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Иркутск, 2021. – С. 24-27.
18. Чеботарев, Н.Т., Найденов, Н.Д., Бубнова, В.Н. Влияние минеральных удобрений и извести на содержание, фракционный состав и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах [Текст] / Н.Т. Чеботарев, Н.Д. Найденов, В.Н. Бубнова // Аграрная наука. – 2010. – № 4. – С. 11-13.

19. Воропаева, Е.В., Воропаев, В.В. Изменение содержания и качественного состава гумуса окультуренной дерново-подзолистой почвы в различных системах удобрения овощного севооборота [Текст] / Е.В. Воропаева, В.В. Воропаев // Агрохимия. – 2019. – № 12. – С. 32-38.
20. Kasper, M. Humus balances of different farm production systems in main production areas in Austria [Text] / M. Kasper, B. Freyer, K.-J. Hülsbergen et al. // J. Plant Nutr. Soil Sci. – 2015. – Vol. 178, No 1. – P. 1-166.
21. Козлова, А.А., Людвиг, У.И., Заец, Д.А. и др. Гумусовое вещество почв как показатель агро- и постагрогенной трансформации почв [Текст] / А.А. Козлова, У.И. Людвиг, Д.А. Заец и др. // Материалы конф. – Иркутск, 2021. – С. 76-82.
22. Gao, S. Effects of humic acid-enhanced phosphate fertilizer on wheat yield, phosphorus uptake, and soil available phosphorus content [Text] / S. Gao, S. Zhang, L. Yuan et al. // Crop Sci. – 2023. – Vol. 63, No 2. – P. 956-966.
23. Bejarano Herrera, W.F. Crop Yields and Soil Phosphorus Lability under Soluble and Humic-Complexed Phosphate Fertilizers [Text] / W.F. Bejarano Herrera, M. Rodrigues, A.P.B. Teles et al. // Agron. J. – 2016. – Vol. 108, No 4. – P. 1313-1758.

REFERENCES:

1. Kogut B.M. Principy i metody' ocenki soderzhaniya transformiruемого organicheskogo veshhestva v pahotny'h pochvah [Principles and methods for assessing the content of transformable organic matter in arable soils]. *Pochvovedenie*, 2003, no. 3, pp. 308-316. (In Russian)
2. Malysheva Yu.A., Polyakova N.V., Platonycheva Yu.N. Soderzhanie organicheskogo veshhestva v pochve v zven'yah sevooborota s sideral'ny'mi kulturami [Content of organic matter in soil in crop rotation links with green manure crops]. *Zemledelie*, 2008, no. 2, pp. 16-17. (In Russian)
3. Li N., Li L.-J., Zhu-Barker X., Cheng Y., Liu J.-J., Chang S.X. Foreword: Degradation and evolution of Mollisols under different management practices and climate change. *Soil Science Society of America Journal*, 2022, vol. 86, pp. 1379-1382.
4. Chereverdin A.Yu. Osnovny'e svoystva i harakteristiki chernozemov stepnoj zony' [Main properties and characteristics of chernozems of the steppe zone]. *Nauchny' zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*, 2015, no. 2(18), pp. 98-110. (In Russian)
5. Bezuglov V.G., Gogmachadze G.D. Mineral'ny'e udobreniya i svoystva pochvy' [Mineral fertilizers and soil properties]. *VNII Agroekoinform*, 2009, no. 2(5), pp. 3-5. (In Russian)
6. Novikov A.A. Balans gumusa i e'nergeticheskikh resursov pochvy' pod vliyaniem obrabotki i udobrenij [Humus and energy balance of soil under the influence of tillage and fertilizers]. *Nauchny' zhurnal KubGAU*, 2023, no. 185(01), pp. 1-5. (In Russian)
7. Eleshev R.E., Umbetov A.K., Ramazanov R.Kh. Vliyanie udobrenij na plodorodie pochvy' i produktivnost' maslichny'h i zernobobovy'h kultur v oroshaemoj zone Yugo-Vostoka Kazakhstana [Effect of fertilizers on soil fertility and productivity of leguminous crops in the irrigated zone of Southeastern Kazakhstan]. *Pochvovedenie i agrohimiya*, 2013, no. 3, pp. 68-78. (In Russian)
8. Donskih I.N., Baranova E.V., Rahimgalieva S.Zh. Gruppovoj i frakcionny'j sostav gumusa temno-kashtanovy'h pochv Zapadnogo Kazakhstana [Group and fractional composition of humus in dark chestnut soils of Western Kazakhstan]. *Plodorodie*, 2013, no. 5, pp. 9-14. (In Russian)
9. Gasanova E.S. Vliyanie organo-mineral'ny'h udobrenij na sistemu organicheskogo veshhestva chernozema vy'shelochennogo [Effect of organo-mineral fertilizers on the organic matter system of leached chernozem]. *Agropromyshlennye tehnologii Central'noj Rossii*, 2019, no. 4(14), pp. 73-79. (In Russian)
10. Geisseler D., Scow K.M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 2014, vol. 75, pp. 54-63.
11. Chebotarev N.T., Mikusheva E.N., Mushinskij A.A. Vliyanie mineral'ny'h udobrenij na fone izvestkovaniya na frakcionny'j sostav i balans gumusa dernovo-podzolistoj pochvy' severa [Effect of mineral fertilizers under liming on fractional composition and humus balance of soddy podzolic soil in the north]. *Agrarnaya nauka*, 2019, no. 9, pp. 51-54. (In Russian)
12. Aksenova Yu.V., Azarenko Yu.A. Vliyanie dlitel'nogo antropogennogo vozdejstviya na plodorodie lugovo-chernozemnoj pochvy' Omskogo Priir'ty'shya [Impact of prolonged anthropogenic impact on the fertility of meadow-chernozem soil in the Omsk Irtysh region]. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya*, Perm, 2019, pp. 151-155. (In Russian)
13. Urrutia O., Erro J., Guardado I. et al. Physico-chemical characterization of humic-metal-phosphate complexes and their potential application to the manufacture of new types of phosphate-based fertilizers. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2014, vol. 177(2), pp. 128-136.
14. Abdyhalykov S.D., Redkov V.V. Izmenenie morfogeneticheskikh pokazatelej chernozemov yuzhny'h i temno-kashtanovy'h pochv pod vliyaniem obrabotki [Changes in morphogenetic indicators of southern and dark chestnut soils under tillage]. *Izvestiya NAN RK. Seriya biologicheskaya*, 1993, no. 2, pp. 67-70. (In Russian)

15. Dzhalkankuzov T., Nugmanov A., Tulaev Yu., Nazanova G. **Primenenie resursosberegayushhej tehnologii – zalog sohraneniya plodorodiya pochv i povы'sheniya urozhajnosti selskohozyajstvenny'h kultur** [Use of resource-saving technologies to preserve soil fertility and increase crop yields]. *Pochvovedenie i agrohimiya*, 2016, no. 4, pp. 14-21. (In Russian)
16. Kurishbaev A.K., Ramazanov R.H., Kekilbaeva G.R., Kasiphan A. **Vliyanie udobrenij na sodержanie gumusa i nitratnogo azota v temno-kashtanovoj pochve pod posevami yarovogo tritikale v usloviyah Severnogo Kazakhstana** [Effect of fertilizers on humus and nitrate nitrogen content in dark chestnut soil under spring triticale crops in the Northern Kazakhstan]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, no. 1(159), pp. 47-50. (In Russian)
17. Bezuglova O.S. **Gumusnoe sostoyanie chernozemov ostepnyayushhihsya territorij** [Humus status of chernozems of steppifying territories]. *Materialy' V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, Irkutsk, 2021, pp. 24-27. (In Russian)
18. Chebotarev N.T., Najdenov N.D., Bubnova V.N. **Vliyanie mineral'ny'h udobrenij i izvesti na sodержanie, frakcionny'j sostav i balans gumusa v dervno-podzolisty'h pochvah** [Effect of mineral fertilizers and lime on the content, fractional composition and balance of humus in soddy podzolic soils]. *Agrarnaya nauka*, 2010, no. 4, pp. 11-13. (In Russian)
19. Voropaeva E.V., Voropaev V.V. **Izmenenie sodержaniya i kachestvennogo sostava gumusa okulturennoj dervno-podzolistoj pochvy' v razlichny'h sistemah udobreniya ovoshhnogo sevooborota** [Changes in the quantity and quality of humus in cultivated soddy podzolic soil within different fertilizer systems in vegetable crop rotations]. *Agrohimiya*, 2019, no. 12, pp. 32-38. (In Russian)
20. Kasper M., Freyer B., Hülsbergen K.-J., Schmid H., Friedel J.K. **Humus balances of different farm production systems in main production areas in Austria**. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2015, vol. 178(1), pp. 1-166.
21. Kozlova A.A., Lyudvig U.I., Zaec D.A., Nikitina A.A., Gavrilova A.V. **Gumusovoe veshhestvo pochv kak pokazatel' agro- i postagrogennoj transformacii pochv** [Soil humus substance as an indicator of agro- and post-agrogenic transformation of soils]. *Materialy' konferencii*, Irkutsk Irkutsk, 2021, pp. 76-82. (In Russian)
22. Gao S., Zhang S., Yuan L. et al. **Effects of humic acid-enhanced phosphate fertilizer on wheat yield, phosphorus uptake, and soil available phosphorus content**. *Crop Science*, 2023, vol. 63(2), pp. 956-966.
23. Bejarano Herrera W.F., Rodrigues M., Teles A.P.B., Barth G., Pavinato P.S. **Crop yields and soil phosphorus lability under soluble and humic-complexed phosphate fertilizers**. *Agronomy Journal*, 2016, vol. 108(4), pp. 1313-1758.

Сведения об авторах:

Касипхан Ақгүл* – доктор PhD, заведующая Агроэкологическим испытательным центром, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, ул. Ы. Алтынсарина 2, тел.: +7-708-775-69-62, e-mail: akgul-03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2342-8777>.

Кекілбаева Гүлнұр Рахманқызы – кандидат биологических наук, и.о. ассоциированного профессора, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Победы 62, тел.: +7-747-146-54-98, e-mail: kekilbaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8817-9767>.

Кашкаров Асқар Аманжолович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Победы 62, тел.: +7-702-627-28-86, e-mail: kashkarov.70@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9831-4929>.

Сальникова Эльмира Рахимовна – доктор PhD, профессор отдела естественных наук, Института междисциплинарных исследований, Белградский университет, Республика Сербия, 11030, г. Белград, ул. Князя Вишислава 1, тел.: +381607409123, e-mail: ellebelgrad@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6497-2066>.

Касипхан Ақгүл* – PhD докторы, Агроэкологиялық сынақ орталығының меңгерушісі, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Ы.Алтынсарин көш., 2, тел.: +7-708-775-69-62; e-mail: akgul-03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2342-8777>.

Кекілбаева Гүлнұр Рахманқызы – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор м.а., С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Жеңіс даңғ, 62, тел.: +7-747-146-54-98; e-mail: kekilbaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8817-9767>.

Кашкаров Асқар Аманжолович – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы,

010000, Астана қ., Жеңіс даңғ, 62, тел.: +7-702-627-28-86; e-mail: kashkarov.70@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9831-4929>.

Сальникова Эльмира Рахимовна – PhD докторы, жаратылыстану ғылымдары бөлімінің профессоры, Пәнаралық зерттеулер институты, Белград университеті, Сербия Республикасы, Белград қ., 11030, Княз Вишилсав көш., 1, тел.: +381607409123; e-mail: ellebelgrad@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6497-2066>.

Kassipkhan Akgul* – PhD, Head of the Agroecological Testing Center of the S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Kazakhstan, 010000, Astana, 2 Y. Altynsarin Str., tel.: +7-708-775-69-62, e-mail: akgul-03@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2342-8777>.

Kekilbayeva Gulnur Rakhmankyzy – Candidate of Biological Sciences, acting Associate Professor, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Kazakhstan, 010000, Astana, 62 Pobedy Ave., tel.: +7-747-146-54-98, e-mail: kekilbaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8817-9767>.

Kashkarov Askar Amanzholovich – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Kazakhstan, 010000, Astana, 62 Pobedy Ave., tel.: +7-702-627-28-86, e-mail: kashkarov.70@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9831-4929>.

Salnikova Elmira Rakhimovna – PhD, Professor of the Department of life sciences, Institute of Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Republic of Serbia, 11030, Belgrade, 1 Knez Višeslav Str., tel. +381 60 740 9123; e-mail: ellebelgrad@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6497-2066>.

МРНТИ 68.05.29

УДК 632.125

<https://doi.org/10.52269/RWEP2521132>

ПРОЦЕССЫ ДЕГРАДАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ, НАХОДЯЩИХСЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Нугманов А.Б.* – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор, декан факультета сельскохозяйственных наук, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Ысқақ А. – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры биологии, экологии и химии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Тулькубаева С.А. – доктор сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор, ученый секретарь, ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное», пос. Заречный, Республика Казахстан.

Жамалова Д.Б. – кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. ассистента профессора кафедры агрономии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Деградация сельскохозяйственных земель представляет собой серьезную глобальную проблему, затрагивающую все регионы мира. Исследования показывают, что от 20 до 40% всех почв в мире в настоящее время деградированы, что оказывает негативное влияние на более чем половину населения планеты. К 2050 г. ожидается, что не более 10% суши не будет подвержено значительному антропогенному воздействию.

Целью данной статьи является инвентаризация имеющегося в открытых источниках научного и практического задела, а также анализ состояния почвы и составление картограммы распределения элементов питания на производственном участке КХ «Луговое» Костанайского района. Решение проблемы деградации требует комплексного подхода и участия всех заинтересованных сторон на глобальном, национальном и локальном уровнях. Ключевую роль здесь играет внедрение практик устойчивого управления почвенными ресурсами. Применение этих практик позволяет не только восстановить качество почв, но и получить значительные экономические и социальные выгоды, повысить урожайность, сократить расходы на удобрения и пестициды, создать новые рабочие места, снизить уязвимость к изменению климата. Сохранение и восстановление почвенных ресурсов должно стать приоритетом глобальной повестки устойчивого развития. Только объединив усилия международного сообщества, национальных правительств, фермеров, ученых и гражданского общества, можно остановить деградацию и обеспечить здоровье почв для нынешнего и будущих поколений.

Ключевые слова: деградация почв, агроценозы, почва, экологическая безопасность, рациональное природопользование.