

Научная статья
 УДК 631.872:631.45:631.445.2
 doi:10.35694/YARCX.2023.64.4.001

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОЛОМЫ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЕ

**Елена Владимировна Чебыкина¹, Татьяна Васильевна Таран²,
Полина Алексеевна Котьяк³, Марина Александровна Казнина⁴**

^{1, 2, 3, 4}Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

¹e.chebykina@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-8189-5165

²t.taran@yarcx.ru

³p.kotyak@yarcx.ru, ORCID 0000-0003-1344-3380

⁴kaznina@yarcx.ru

Реферат. В работе представлена агрохимическая оценка дерново-подзолистой глееватой почвы в агроландшафтах Ярославской области при многократном использовании соломы и минеральных удобрений как при раздельном, так и совместном их внесении. Экспериментальная работа проводилась в многолетнем трёхфакторном стационарном полевом опыте. Представлен анализ полученных на 28-й год после распашки многолетней залежи и закладки опыта экспериментальных данных по вариантам применения различных систем удобрения при отвальной системе обработки почвы и интегрированной системе защиты растений от сорняков. За 28-летний период наблюдений на дерново-подзолистой глееватой почве опытного участка произошло снижение количества подвижных форм фосфора, в зависимости от систем удобрения, на 26,6–72,0%, особенно в первые годы исследований. Причиной этому послужило действие вносимых удобрений при отвальной системе обработки почвы и интегрированной системе защиты растений от сорняков, а также вынос элементов с урожаем культурных растений. Содержание обменного калия было довольно стабильным. Наибольшие значения данных показателей отмечены на вариантах с внесением полного минерального удобрения как самостоятельно, так и совместно с соломой (P_2O_5 : Y_5 – 244, Y_6 – 262 мг/кг почвы; K_2O : Y_5 – 175, Y_6 – 230 мг/кг почвы). Показатели кислотности почвы по всем вариантам опыта в сравнении с данными до его закладки (от 6,13 в 1995 г. до 5,66–5,92 единиц pH_{kcl} в 2022 г.). Сумма поглощённых оснований значительно снизилась в первые годы проведения опыта и несколько стабилизировалась в последующие – на уровне 9,27–14,67 мг-экв./100 г почвы.

Ключевые слова: залежь, пашня, системы удобрения, показатели плодородия, реакция среды, элементы питания

AGROCHEMICAL ASSESSMENT OF LONG-TERM USE OF STRAW AND MINERAL FERTILIZERS ON SODDY PODZOLIC GLEYIC SOIL

Elena V. Chebykina¹, Tatyana V. Taran², Polina A. Kotyak³, Marina A. Kaznina⁴

^{1, 2, 3, 4}Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

¹e.chebykina@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-8189-5165

²t.taran@yarcx.ru

³p.kotyak@yarcx.ru, ORCID 0000-0003-1344-3380

⁴kaznina@yarcx.ru

Abstract. The article presents an agrochemical assessment of soddy podzolic gleyic soil in agricultural landscapes of the Yaroslavl region when straw and mineral fertilizers are repeatedly used both with separate and joint application. Experimental work was carried out in long-term three-factor stationary field test. Analysis of the experimental data obtained for the 28th year after plowing of the long-term fallow and trial establishment of experimental data on the use options of various fertilizer systems in the moldboard tillage system and the integrated plant weed protection system is presented. Over the 28-year observation period on the soddy

podzolic gleyic soil of the experimental field there was a decrease in the amount of mobile forms of phosphorus depending on fertilizer systems by 26.6–72.0%, especially in the first years of research. The reason for this was the effect of the applied fertilizers during the moldboard tillage system and the integrated system of plant protection from weeds, as well as the removal of elements with the yield of cultivated plants. The exchangeable potassium percentage was quite stable. The highest values of these indicators were noted in the variants with the application of complete mineral fertilizer both independently and together with straw (P_2O_5 : U_5 – 244, U_6 – 262 mg/kg of soil; K_2O : U_5 – 175, U_6 – 230 mg/kg of soil). The acid-base metabolism of the soil indicates a slight increase in the exchangeable and hydrolytic soil acidity for all test variants in comparison with the data before its trial establishment (from 6.13 in 1995 to 5.66–5.92 pH_{KCl} units in 2022). The amount of absorbed bases decreased significantly in the first years of the experiment and somewhat stabilized in the subsequent years – at the level of 9.27–14.67 mgEq./100 g of soil.

Keywords: fallow land, arable land, fertilizer systems, fertility indicators, medium reaction, nutrients

Введение. Важнейшим фактором получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур является плодородие почвы, которое определяется сочетанием агрофизических, агрохимических, биологических свойств. В естественных природных условиях плодородие почв мало изменяется, поддерживается благодаря ежегодному поступлению органической массы растительного опада и отпада в почву.

В пахотных почвах ежегодное отчуждение минеральных элементов с урожаями, обработка почвы заметно изменяют баланс элементов питания [1]. Средством поддержания бездефицитного или положительного баланса является применение минеральных и органических удобрений, что подтверждено многочисленными научными исследованиями и результатами производства [2; 3; 4].

Проведено большое число исследований по влиянию минеральных и органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы в различных почвенно-климатических условиях при интенсификации сельскохозяйственного производства [5; 6]. В связи с негативными изменениями в области экономической политики в сельском хозяйстве в период после 1990 г. часть окультуренных, ранее пахотных почв, перешла в состояние залежей, а в настоящее время вновь вводится в оборот. При этом повышается актуальность изучения вопросов – в каком направлении и как изменяются показатели плодородия постагрогенной почвы в период залежи и при её распашке и дальнейшем сельскохозяйственном использовании [7]. Как известно, распашка целинных и залежных почв провоцирует интенсивные процессы в ней, существенно влияющие на плодородие [8], однако характер изменений определяется многими факторами и требует уточнения в конкретных условиях производства.

В современных условиях хозяйствования при дефицитном уровне применения как минеральных, так и органических удобрений в России отмечается во всех регионах страны снижение уровня

плодородия почв [9], что характерно и для пахотных почв Ярославской области. Несмотря на положительную динамику применения минеральных удобрений в последние годы, уровень их внесения в хозяйствах региона недостаточный и составил в 2022 г. 37,6 кг/га пашни. Особенно низкий уровень внесения органических удобрений – всего 2,8 т/га, что создаёт условия для дегумификации почв [10]. В данной ситуации повышается актуальность исследований в направлении использования различных нетрадиционных источников минеральных элементов и органического вещества, биологизированных систем земледелия, элементом которых является полное использование растительных остатков сельскохозяйственных культур, в том числе соломы зерновых культур.

Любые виды удобрений в почве подвергаются трансформации, направленность и интенсивность которой определяются прежде всего их составом и свойствами, почвенно-климатическими условиями. Оценка направленности и интенсивности их влияния на плодородие почвы позволяет оценить устойчивость почв при их длительном сельскохозяйственном использовании, прогнозировать возможные изменения почвенного плодородия, при этом особую ценность представляют результаты длительных опытов.

В данной работе представлена агрохимическая оценка дерново-подзолистой почвы при многократном использовании соломы и минеральных удобрений как при раздельном, так и совместном их внесении в период после распашки залежной окультуренной почвы.

Объекты и методы исследований. Экспериментальная работа проводилась в многолетнем трёхфакторном стационарном полевом опыте, заложенном на опытном поле ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ» (д. Бекренево Ярославского муниципального района) в 1995 году на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой глееватой почве на карбонатной морене, под руководством заведующего кафедрой земледелия, доктора сель-

скохозяйственных наук, профессора Б. А. Смирнова. Почва опытного участка сформировалась в пониженных элементах агроландшафта при поверхностном периодическом избыточном увлажнении, что обуславливает в целом неблагоприятный водно-воздушный режим, низкое плодородие, но при окультуривании и вовлечении в категорию пахотных почв может сформировать дополнительное количество растительной продукции.

Условия места проведения исследований, полная схема полевого стационарного трехфакторного опыта изложены ранее [11].

В данной работе представлен анализ экспериментальных данных по вариантам применения различных систем удобрения при отвальной системе обработки почвы и интегрированной системе защиты растений от сорняков, полученных на 28-й год после распашки многолетней залежи и закладки опыта. Изучаемые варианты систем удобрения: без удобрений, «У₁»; азотные удобрения в норме 30 кг д.в., «У₂»; солома в норме 3 т/га, «У₃»; солома в норме 3 т/га + азотные удобрения в норме 30 кг д.в., «У₄»; солома в норме 3 т/га + NPK, «У₅»; NPK, «У₆».

Опыт проводился с чередованием полевых культур во времени: выращивались многолетние травы, однолетние травы, озимые зерновые (озимая рожь, озимая пшеница), яровые зерновые (ячмень, овёс, пшеница). В год исследований (2022 г.) выращивался овёс яровой сорта Кречет с подсевом многолетних трав. На вариантах с применением гербицида проводилась обработка гербицидом Агритокс (ВРК, 500 г/л) – 1,0 л/га.

В схеме опыта предусмотрено ежегодное внесение минеральных удобрений. Из форм минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, азофоску (NPK 16:16:16) и хлористый калий. Минеральные удобрения вносили в расчётных дозах на планируемую прибавку (100%) урожая культур. Под урожай овса с учётом многолетних трав норма внесения удобрений составила N₉₅P₈₀K₁₅₀. В 2021 году на вариантах с использованием соломы вносились солома яровой пшеницы и заделывалась первыми обработками под овёс.

Для агрохимической оценки длительного применения соломы и минеральных удобрений на дерново-подзолистой глееватой почве определяли показатели в почвенных образцах, отобранных на всех вариантах систем удобрений из пахотного горизонта (0–20 см) в конце вегетации культур, которые анализировали следующими методами: содержание подвижного фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 54650-2011), обменная кислотность рН_{ккл} – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-2021), сумма поглощённых

оснований – по методу Каппена (ГОСТ 27821-2020). Учёт урожайности яровой зерновой культуры осуществляли сплошным методом (поделяночно) с пересчётом на абсолютно чистую продукцию и стандартную влажность (зерна 14%). Статистическую обработку результатов исследования проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы DISANT, корреляционно-регрессионный анализ – с использованием программы STATISTICA.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований 2022 года и проведённых ранее показали, что введение залежной почвы в категорию пахотной и применение удобрений заметно отразилось на агрохимическом состоянии почвы.

Важными характеристиками физико-химических свойств почвы являются показатели кислотности почвенной среды и сумма обменных оснований, изменения которых через 27 лет проведения полевого опыта представлены на рисунках 1, 2, 3.

Перед закладкой опыта почва имела высокий уровень насыщенности основаниями для дерново-подзолистых почв, сложившийся в условиях окультуривания и залежного состояния – 22,15 мг-экв./100 г почвы (рис. 1). Распашка залежи и возделывание сельскохозяйственных культур способствовали значительному изменению данного показателя в первые годы – до 9,50–10,80 мг-экв./100 г почвы, в дальнейшем отмечалась некоторая стабилизация данного показателя на близком к этим значениям уровне. Обработка почвы, как известно, усиливает миграционные процессы по почвенному профилю, способствуя вымыванию катионов Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, что особенно проявляется при избыточном увлажнении. К 2022 году величина суммы поглощённых оснований по опыту находилась в интервале 9,27–14,67 мг-экв./100 г почвы, то есть снизилась в 1,51–2,39 раза, по сравнению с исходным значением, причём наибольшее уменьшение произошло на фоне применения азотных удобрений (вариант У₂).

К данному времени наибольший уровень показателя отмечен на вариантах повышенной урожайности почвы (варианты У₅ и У₆), где за годы исследований формировался наивысший урожай и, соответственно, в почве накапливалось большее количество пожнивно-корневых остатков [12]. Отмечена тенденция положительного влияния соломы на вариантах самостоятельного внесения (вариант У₃) и при совместном применении с минеральными удобрениями (вариант У₅).

Величину обменной и гидролитической кислотности считают одними из важных агрохимических показателей почвы, в значительной мере влияющих на её состояние и растения. Оптимальной считается близкая к нейтральной или нейтральная реакция среды, которая наиболее благоприятна

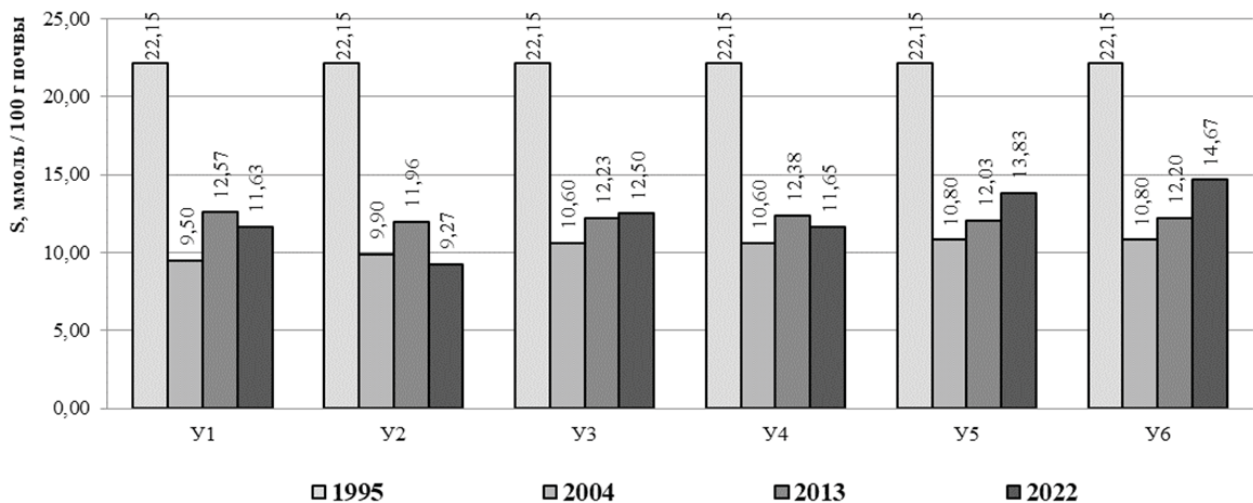


Рисунок 1 – Изменение суммы обменных оснований почвы в многолетнем опыте при разных системах удобрения, слой почвы 0–20 см, ммоль/100 г почвы

для роста и развития растений и деятельности полезных почвенных микроорганизмов, создаёт оптимальные условия минерального питания. Это довольно стабильный агрохимический показатель, имеющий более резкие колебания только при известковании почв.

Результаты наших исследований показали, что введение залежи в категорию пахотной почвы способствовало некоторому повышению как обменной (рис. 2), так и гидролитической кислотности почвы (рис. 3).

Применение различных систем удобрений не оказало существенного влияния на обменную и гидролитическую кислотности почвы, но можно отметить определённую тенденцию увеличения кислотности по всем вариантам опыта в сравнении с данными до его закладки.

Значение обменной кислотности, определяемой с использованием солевой вытяжки, изменилось от величины pH_{kcl} 6,13 до 5,66–5,92 единиц (рис. 2). Определённого характера изменения данного показателя по вариантам опыта не выявлено, но можно отметить подкисляющее действие азотных удобрений даже в небольшой дозе – N_{30} (варианты $У_2$, $У_4$). Подкисления почвы при применении полного минерального удобрения как отдельно, так и совместно с соломой, по сравнению с контрольным вариантом, не происходило (варианты $У_5$, $У_6$).

При рассмотрении изменения данного показателя в динамике можно отметить большее подкисление почвы по всем вариантам опыта в период от его закладки до 2013 года, а также более стабильные значения – на вариантах совместного применения соломы и минеральных удобрений (вариант $У_5$).

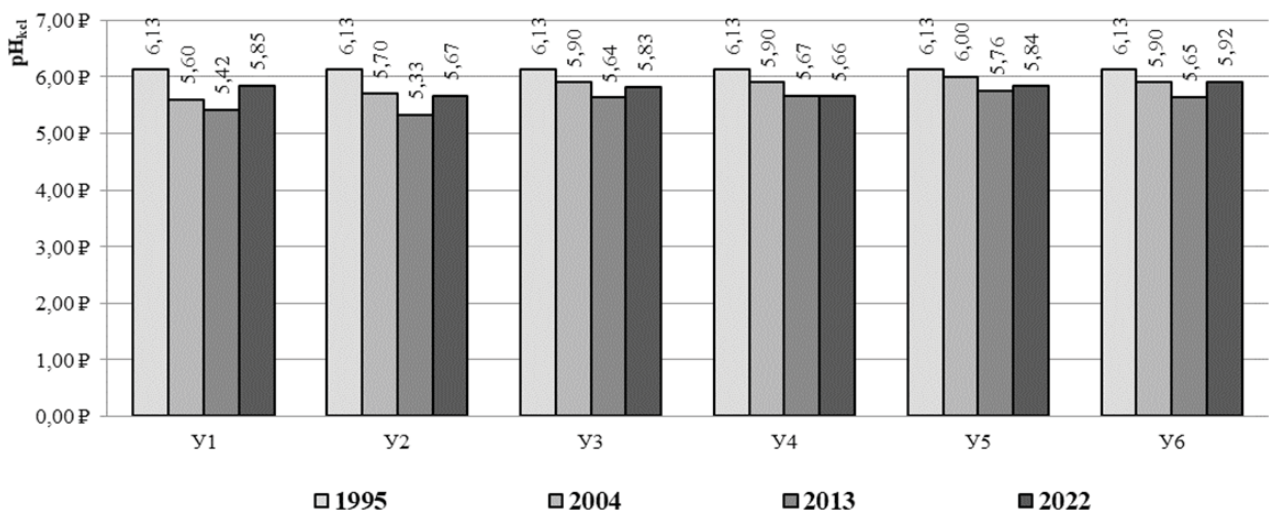


Рисунок 2 – Изменение обменной кислотности почвы в многолетнем опыте при разных системах удобрения, слой почвы 0–20 см, единицы pH_{kcl}

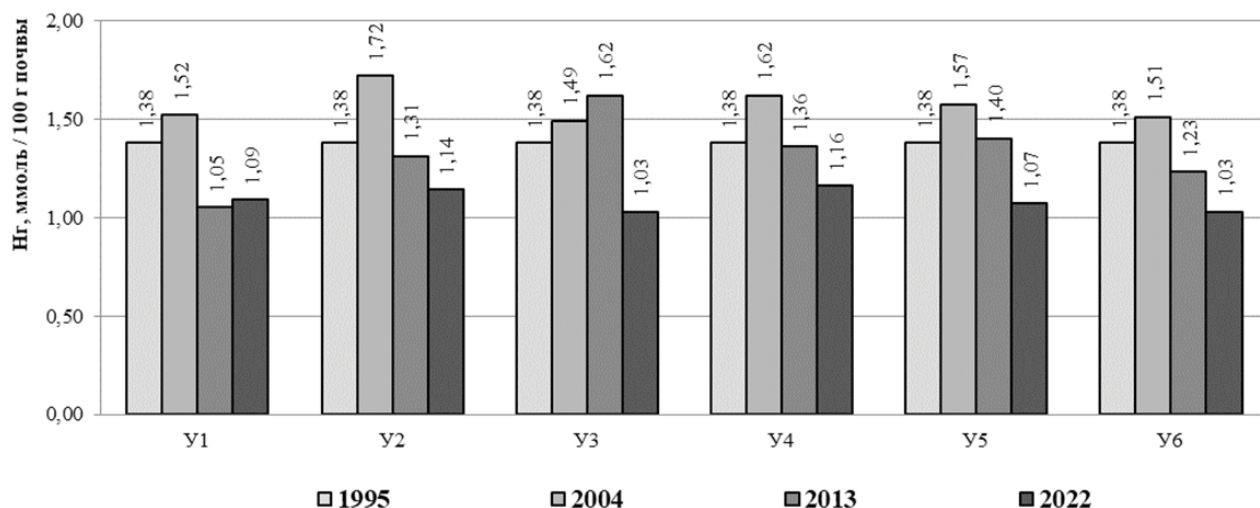


Рисунок 3 – Изменение гидролитической кислотности почвы в многолетнем опыте при разных системах удобрения, слой почвы 0–20 см, мг-экв./100 г почвы

Величина гидролитической кислотности к 2022 году несколько снизилась, в сравнении с первоначальным значением, от 1,38 до 1,03–1,16 мг-экв./100 г почвы, причём определённых тенденций в изменении показателя по вариантам опыта не отмечено (рис. 3).

Для данной почвы характерна исходная высокая степень насыщенности основаниями – 94,2%, которая несколько уменьшилась при проведении многолетнего опыта. Наибольшее снижение показателя наблюдалось на варианте применения азотных удобрений (вариант Y₂) – до уровня 87,9%, в меньшей степени – на варианте применения полного минерального удобрения (вариант Y₆) – до 93,5%.

Кислотно-основное состояние почвы обуславливает многие особенности поведения элементов в ней, особенно подвижных форм фосфора и ка-

лия. Удовлетворение потребности растений в фосфоре и калии – одно из главных условий формирования высокой урожайности, а их содержание относится к числу основных показателей (индикаторов), которые используют при оценке состояния почвенного покрова [13].

Почва опытного участка до распашки залежи в среднем содержала подвижных форм фосфора 357 мг/кг почвы и калия – 71,5 мг/кг почвы (рис. 4 и 5), что соответствует очень высокой степени обеспеченности фосфором и низкой степени обеспеченности калием. Высокий уровень подвижных фосфатов объясняется интенсивным фосфоритованием почв опытного участка, которое было проведено в регионе в 80-е годы прошлого столетия. Небольшое содержание обменного калия, возможно, связано с образованием почвы на карбонатной морене, которая, имея щелочную реакцию, обес-

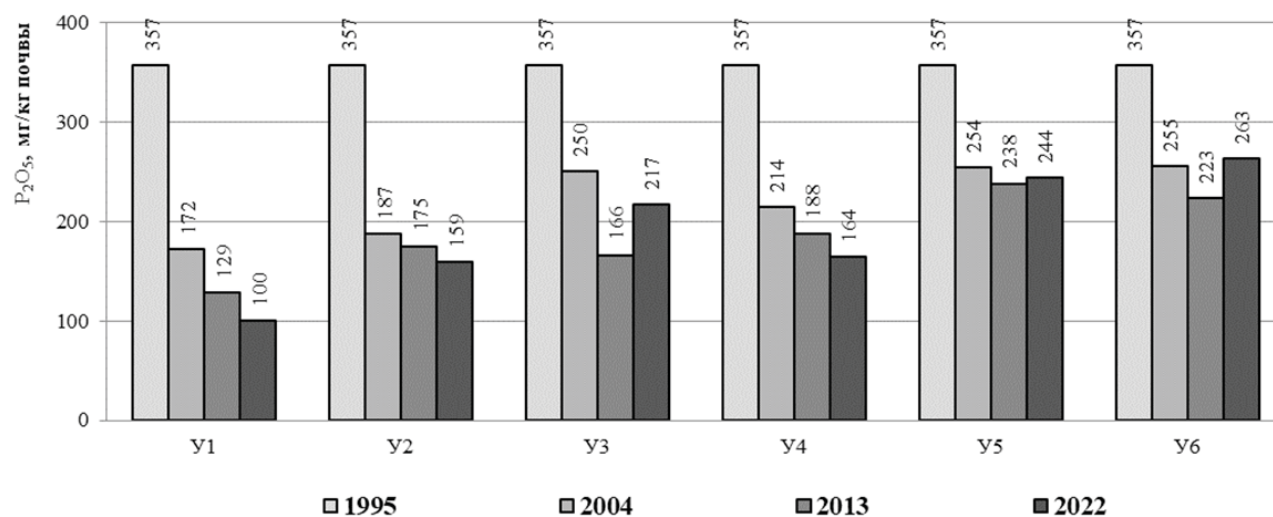


Рисунок 4 – Изменение содержания подвижных форм фосфора в многолетнем опыте при разных системах удобрения, слой почвы 0–20 см, мг/кг почвы

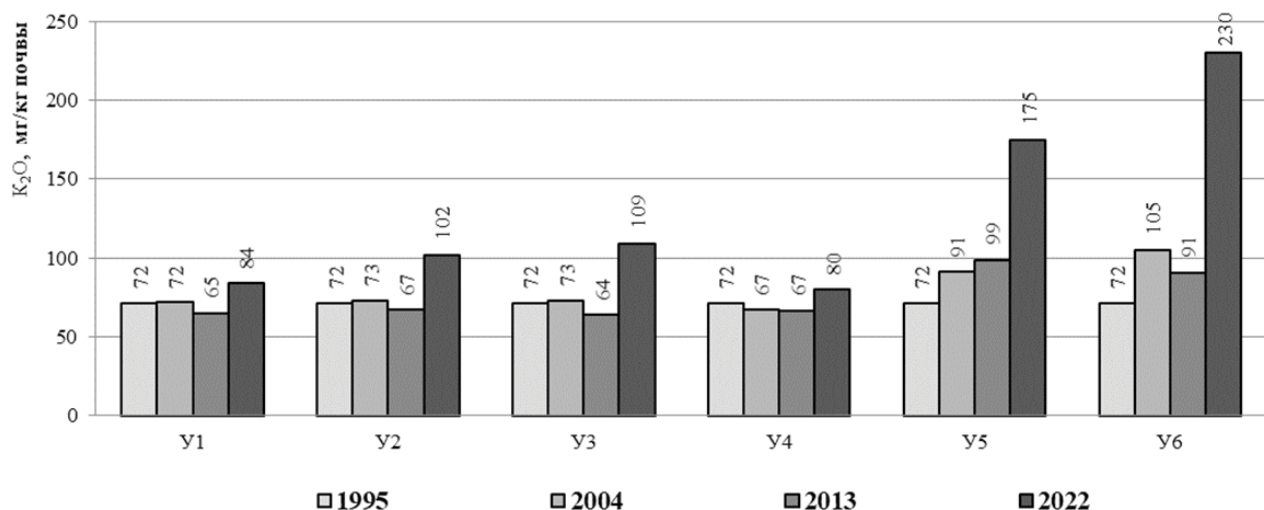


Рисунок 5 – Изменение содержания подвижных форм калия в многолетнем опыте при разных системах удобрения, слой почвы 0–20 см, мг/кг почвы

печила почву большим количеством карбонатов, т.е. кальцием, являющимся антагонистом калия. Это, вероятно, привело к замещению в ППК ионов Ca^{2+} на ионы K^+ , которые перешли в необменную форму. Кроме того, ионы K^+ могут необменно закрепляться кристаллической решёткой минеральной части почвы, особенно при переменном увлажнении и пересыхании верхних слоёв пахотного горизонта.

При сравнении показателей подвижных форм фосфора с первоначальным содержанием видно, что по всем вариантам опыта произошло снижение доступного фосфора, а внесение удобрений не способствовало сохранению его прежнего уровня (рис. 4). Многолетнее потребление его из почвенных запасов выращиваемыми культурами и вынос урожаями является основной причиной такого изменения, хотя могло произойти и существенное изменение форм фосфора почвы при смене режимов влажности и аэрации по сравнению с первоначальным состоянием [14]. Наиболее резкое изменение содержания подвижного фосфора отмечалось в первые годы, особенно на варианте без применения удобрений, где формировались низкие урожаи сельскохозяйственных культур.

Внесение соломы как отдельно (вариант $У_3$), так и совместно с азотными удобрениями (вариант $У_4$) снижало темпы падения содержания подвижного фосфора в почве. Применение полного минерального удобрения как отдельно (вариант $У_6$), так и на фоне с соломой (вариант $У_5$) способствовало формированию наибольшего содержания данного показателя, в сравнении с ранее рассмотренными вариантами опыта, который в среднем сохраняется на высоком уровне.

Изменение содержания доступного калия в почве в период проведения полевого опыта име-

ло иной характер. Так, при сравнении количества подвижных форм калия с первоначальным значением установлено, что на варианте без применения удобрений содержание калия за весь период проведения полевого опыта мало изменилось, за исключением 2022 года (рис. 5).

Довольно стабильное состояние уровня содержания подвижного калия в почве на вариантах без применения калийного удобрения может быть связано с восполнением запаса, при использовании растениями, за счёт частичного перехода его в обменное состояние из кристаллических решёток минералов при механическом воздействии на них. Применение калийного удобрения на вариантах $У_5$ и $У_6$ способствовало повышению содержания доступного калия в течение всего периода исследований.

Заметное увеличение подвижного калия в условиях 2022 года может быть связано с нетипичными погодными условиями в вегетационные периоды последних трёх лет проведения опыта, которые характеризовались повышенными температурами и резкой сменой режима влажности. Наибольшее повышение показателя произошло при применении минеральных удобрений (варианты $У_5$ и $У_6$), на которых было внесение данного элемента в повышенной норме в виде хлористого калия в осенний период в расчёте на использование его овсом и многолетними травами. Значительное возрастание содержания подвижного калия в почве при запасном внесении в первый год использования отмечено и в других исследованиях [15].

Изменения агрохимического состояния почвы в результате длительного применения удобрений и внесения удобрений в год исследований способствовали формированию урожая различного уровня в опыте (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность овса при разных системах удобрения, ц/га

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га
1. Без удобрений, «У ₁ »	25,2	–
2. N _{30r} «У ₂ »	35,4	10,2
3. Солома, «У ₃ »	32,2	7,7
4. Солома + N _{30r} «У ₄ »	35,6	10,4
5. Солома + NPK, «У ₅ »	54,5	33,5
6. NPK, «У ₆ »	40,2	19,2
НСР ₀₅	12,8	х

Применение систем удобрений обеспечило прибавку урожая зерна овса на 7,7–33,5 ц/га при наибольших значениях при внесении соломы совместно с полной нормой минеральных удобрений – 54,5 ц/га.

Сопоставление изменения содержания подвижных форм фосфора и калия дерново-подзолистой почвы с изменением урожайности овса ярового при разных системах удобрения свидетельствует о тесной линейной зависимости между этими величинами, $r = 0,83$ и $r = 0,77$ (при $P < 0,05\%$). Это позволяет сделать вывод о том, что увеличение урожайности культуры под действием систем удобрения обусловлено улучшением питания растений.

Между изменением кислотно-основного состояния почвы и урожаем зерна овса установлена умеренная корреляционная зависимость только с суммой поглощённых оснований, $r = 0,65$ (при $P < 0,05\%$).

Выводы. За 28-летний период наблюдений под действием вносимых удобрений при отвальной системе обработки почвы и интегрированной системе защиты растений от сорняков, а также выноса элементов с урожаем культурных растений на дерново-подзолистой глееватой почве опытного участка произошло снижение количества подвижных

форм фосфора в зависимости от систем удобрения на 26,6–72,0%, особенно в первые годы исследований. Содержание обменного калия было довольно стабильным, заметное увеличение доступных форм калия отмечено в условиях 2022 года при запасном внесении. Наибольшие значения данных показателей отмечены на вариантах с внесением полного минерального удобрения как самостоятельно, так и совместно с соломой (P₂O₅: У₅ – 244, У₆ – 262 мг/кг почвы; K₂O: У₅ – 175, У₆ – 230 мг/кг почвы). Показатели кислотности почвы свидетельствуют о некотором увеличении обменной и гидролитической кислотности почвы по всем вариантам опыта в сравнении с данными до его закладки (от 6,13 в 1995 г. до 5,66–5,92 единиц рН_{ккл} в 2022 г.). Сумма поглощённых оснований значительно снизилась в первые годы проведения опыта и несколько стабилизировалась в последующие – на уровне 9,27–14,67 мг-экв./100 г почвы.

Положительное влияние полного минерального удобрения на питательный режим окультуренной ранее и введённой в оборот залежной почвы свидетельствует о необходимости их применения с начала освоения. Использование соломы создаёт условия большей стабильности агрохимического состояния почвы, повышает эффективность минеральных удобрений.

Список источников

1. Кузьменко Н. Н. Влияние насыщенности севооборота органическими и минеральными удобрениями на плодородие, урожайность и качество льнопродукции // Плодородие. 2022. № 1 (124). С. 29–32. DOI 10.25680/S19948603.2022.124.08.
2. Islam M. Ashraful, Islam S., Akter A. [et al.] Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Properties and the Growth, Yield and Quality of Tomato in Mymensingh, Bangladesh // Agriculture. 2017. Vol. 7, № 3. P. 1–7. DOI 10.3390/agriculture7030018.
3. Chuan-chuan NING, Peng-dong GAO, Bing-qing WANG [et al.] Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content // Journal of Integrative Agriculture. 2017. Vol.16, № 8. P. 1819–1831. DOI 10.1016/s2095-3119(16)61476-4.
4. Chebykina E. V., Kotyak P. A., Taran T. V. [et al.] Changes in agrochemical indicators in an agricultural landscape with sod-podzolic soils against the background of the use of non-traditional fertilizers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 – Papers". IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 937. P. 022053. DOI 10.1088/1755-1315/937/2/022053.

5. Гомонова Н. Ф., Минеев В. Г. Динамика кислотно-основных свойств и кальциевого режима дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2012. № 3. С. 47–55. ISSN 0137-0944.

6. Гамзиков Г. П., Анкудович Ю. Н. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность полевых культур и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы (к 70-летию Нарымского стационара) // Агрохимия. 2018. № 1. С. 17–29. DOI 10.7868/S0002188118010027.

7. Наквасина Е. Н., Голубева Л. В. Трансформация постагрогенных почв на карбонатных отложениях в Архангельской области // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 1. С. 32–40. ISSN 2227-6572.

8. Платонычева Ю. Н., Полякова Н. В., Берчук А. В. [и др.] Влияние способов распылки залежи на подвижность органического вещества светло-серой лесной почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2013. № 4 (35). С. 39–43. ISSN 2072-9081.

9. Еськов А. И., Лукин С. М., Мерзлая Г. Е. Современное состояние и перспективы использования органических удобрений в сельском хозяйстве России // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 20–23. ISSN 1994-8603.

10. Худошина Н. В., Соколов А. В. Агрохимическое обследование сельскохозяйственных угодий Ярославской области в 2022 году // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК : сб. науч. тр. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. с международ. участием (Ярославль, 06 апреля 2023 г.). Ярославль : Изд-во ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», 2023. С. 144–150. ISBN 978-5-98914-267-5. DOI 10.35694/YARCX.2023.06.04.23.

11. Иванова М. Ю., Чебыкина Е. В., Котьяк П. А. Потенциальная засорённость почвы при разных технологиях возделывания культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 1 (61). С. 24–31. DOI 10.35694/YARCX.2023.61.1.003.

12. Щукин С. В., Горнич Е. А., Труфанов А. М. [и др.] Влияние минимальной обработки, удобрений и гербицидов на динамику органического вещества и агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы в посевах яровых зерновых культур и вико-овсяной смеси // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 2. С. 16–31. DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-16-31.

13. Чекмарёв П. А., Лукин С. В. Мониторинг содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотных почвах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 2. С. 5–9. DOI 10.24411/0235-2451-2020-10201.

14. Христенко А. А. Динамика основных показателей фосфатного режима почв в процессе их интенсивного использования // Агрохимия. 2003. №2. С. 10–15. ISSN 0002-1881.

15. Стадник Б. Г. Влияние запасного внесения фосфорных и калийных удобрений на урожай культур в севообороте и формы калия в почве : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : специальность 06.01.04 «Агрохимия» / Московская ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева. М., 1973. 16 с.

References

1. Kuz'menko N. N. Vliyanie насыshchennosti sevooborota organicheskimi i mineral'nymi udobreniyami na plodorodie, urozhajnost' i kachestvo l'noprodukcii // Plodorodie. 2022. № 1 (124). S. 29–32. DOI 10.25680/S19948603.2022.124.08.

2. Islam M. Ashraf, Islam S., Akter A. [et al.] Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Properties and the Growth, Yield and Quality of Tomato in Mymensingh, Bangladesh // Agriculture. 2017. Vol. 7, № 3. P. 1–7. DOI 10.3390/agriculture7030018.

3. Chuan-chuan NING, Peng-dong GAO, Bing-qing WANG [et al.] Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content // Journal of Integrative Agriculture. 2017. Vol.16, № 8. P. 1819–1831. DOI 10.1016/s2095-3119(16)61476-4.

4. Chebykina E. V., Kotyak P. A., Taran T. V. [et al.] Changes in agrochemical indicators in an agricultural landscape with sod-podzolic soils against the background of the use of non-traditional fertilizers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 – Papers". IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 937. P. 022053. DOI 10.1088/1755-1315/937/2/022053.

5. Gomonova N. F., Mineev V. G. Dinamika kislotno-osnovnyh svojstv i kal'cievogo rezhima dernovo-podzolistoj pochvy pri dlitel'nom primenenii udobrenij // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie. 2012. № 3. S. 47–55. ISSN 0137-0944.

6. Gamzikov G. P., Ankudovich Yu. N. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenij na produktivnost' polevyh kul'tur i agrohimicheskie svojstva dernovo-podzolistoj pochvy (k 70-letiyu Narymskogo stacionara) // Agrohimiya. 2018. № 1. S. 17–29. DOI 10.7868/S0002188118010027.

7. Nakvasina E. N., Golubeva L. V. Transformaciya postagrogennyh pochv na karbonatnyh otlozheniyah v Arhangel'skoj oblasti // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2014. № 1. S. 32–40. ISSN 2227-6572.

8. Platonycheva Yu. N., Polyakova N. V., Berchuk A. V. [i dr.] Vliyanie sposobov raspashki zalezhi na podvizhnost' organicheskogo veshchestva svetlo-seroj lesnoj pochvy // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2013. № 4 (35). S. 39–43. ISSN 2072-9081.

9. Es'kov A. I., Lukin S. M., Merzlaya G. E. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya organicheskikh udobrenij v sel'skom hozyajstve Rossii // Plodorodie. 2018. № 1 (100). S. 20–23. ISSN 1994-8603.

10. Khudoshina N. V., Sokolov A. V. Agrohimicheskoe obsledovanie sel'skohozyajstvennyh ugodij Yaroslavskoj oblasti v 2022 godu // Rol' agrarnoj nauki v ustojchivom razvitii APK : sb. nauch. tr. po materialam Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunarod. uchastiem (Yaroslavl', 06 aprelya 2023 g.). Yaroslavl' : Izd-vo FGBOU VO «Yaroslavskij GAU», 2023. S. 144–150. ISBN 978-5-98914-267-5. DOI 10.35694/YARCX.2023.06.04.23.

11. Ivanova M. Yu., Chebykina E. V., Kotyak P. A. Potencial'naya zasoryonnost' pochvy pri raznyh tekhnologiyah vzdelyvaniya kul'tur // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 1 (61). S. 24–31. DOI 10.35694/YARCX.2023.61.1.003.

12. Shchukin S. V., Gornich E. A., Trufanov A. M. [i dr.] Vliyanie minimal'noj obrabotki, udobrenij i gerbicidov na dinamiku organicheskogo veshchestva i agrohimicheskikh svoystv dernovo-podzolistoj pochvy v posevah yarovyh zernovyh kul'tur i viko-ovsyanoj smesi // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 2. S. 16–31. DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-16-31.

13. Chekmarev P. A., Lukin S. V. Monitoring sodержaniya podvizhnyh form fosfora i kaliya v pahotnyh pochvah Belgorodskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 2. S. 5–9. DOI 10.24411/0235-2451-2020-10201.

14. Khristenko A. A. Dinamika osnovnyh pokazatelej fosfatnogo rezhima pochv v processe ih intensivnogo ispol'zovaniya // Agrohimiya. 2003. №2. S. 10–15. ISSN 0002-1881.

15. Stadnik B. G. Vliyanie zapasnogo vneseniya fosfornyh i kalijnyh udobrenij na urozhaj kul'tur v sevooborote i formy kaliya v pochve : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk : special'nost' 06.01.04 «Agrohimiya» / Moskovskaya ordena Lenina i ordena Trudovogo Krasnogo Znameni sel'skohozyajstvennaya akademiya imeni K. A. Timiryazeva. M., 1973. 16 s.

Сведения об авторах

Елена Владимировна Чебыкина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 4970-5237.

Татьяна Васильевна Таран – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 6002-9904.

Полина Алексеевна Котьяк – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 6062-0202.

Марина Александровна Казнина – кандидат химических наук, доцент кафедры экологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 9444-8834.

Information about the authors

Elena V. Chebykina – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 4970-5237.

Tatyana V. Taran – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 6002-9904.

Polina A. Kotyak – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 6062-0202.

Marina A. Kaznina – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 9444-8834.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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