

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Л. М.-Х. Биккина, Ш. А. Алиев, А. Х. Яппаров, И. М. Суханова, М. М. Ильясов

*Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения**ФИЦ Казанский научный центр РАН,**420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 20а**E-mail: liliyaagro@mail.ru**Поступила в редакцию 10 апреля 2019 г., принята к печати 21 ноября 2019 г.*

В работе представлены результаты исследования влияния различных доз местных фосфоритов, глауконитов и цеолитов на структурно-агрегатное состояние чернозема выщелоченного. Уникальные специфические особенности минерального сырья, такие как содержание питательных элементов, высокие сорбционные и ионообменные свойства, широкая распространенность и др., обуславливают возможность его использования для улучшения агрофизических свойств почвы. Исследования проводились в 2010–2018 гг. в рамках стационарного полевого опыта Татарского НИИ агрохимии и почвоведения. Минералы вносились в почву осенью после уборки яровой пшеницы. Почва – чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый. Установлено увеличение доли агрономически ценных почвенных частиц (фракции размером 10,0–0,25 мм), определяющих плодородие почвы. Количество агрегатов ценного диапазона при использовании фосфоритов в дозах 4 и 6 т га⁻¹ возросло до 67,2 и 69,1%, глауконитов в дозах 15 и 20 т га⁻¹ – до 63,4 и 64,3%, цеолитов в дозах 10 и 15 т га⁻¹ – до 65,7 и 66,0% соответственно. Значения коэффициента структурности почвы характеризовали структурно-агрегатное состояние чернозема выщелоченного как отличное (>1,5).

Ключевые слова: фосфориты, глаукониты, цеолиты, минеральные удобрения, чернозем выщелоченный.

CHANGES IN STRUCTURAL AND AGGREGATE STATE OF LEACHED CHERNOZEM UNDER INFLUENCE OF NATURAL AGROMINERALS

L. M.-H. Bikkinina, Sh. A. Aliev, A. Kh. Yapparov, I. M. Sukhanova, M. M. Ilyasov

*Tatar Scientific Research Institute of Agrochemistry and Soil Science,**FRC Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences,**20a, Orenburg highway, Kazan, 420059**E-mail: liliyaagro@mail.ru*

The aim of the experiments, presented in the paper, was to study the influence of various rates of local phosphorites, glauconites and zeolites on the structural and aggregate state of leached chernozem. Unique specific features of the natural raw materials, such as nutrient content, high sorption and ion exchange properties, widespread prevalence, make it possible to use the materials for soil agrophysical properties improvement. The research was carried out in 2010–2018 in the framework of the stationary field experience of the Tatar Research Institute of Agrochemistry and Soil Science. The agrominerals were introduced into the soil in autumn after spring wheat harvesting. The soil was heavy loamy leached chernozem. It was found that after the treatments the proportion of agronomically valuable soil particles (fractions of 10.0–0.25 mm) that determines soil fertility increased. The number of aggregates of the valuable range when using phosphorites in rates of 4 and 6 t ha⁻¹ increased to 67.2 and 69.1%, respectively; when using glauconite in rates of 15 and 20 t ha⁻¹ – to 63.4 and 64.3%, respectively, and when using zeolites in rates of 10 and 15 t ha⁻¹ – to 65.7 and 66.0%, respectively. Values of the soil structural coefficient after the treatments characterized the structural and aggregate state of leached chernozem as excellent (>1.5).

Key words: phosphorites, glauconites, zeolites, mineral fertilizers, leached chernozem.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенная структура является показателем, характеризующим уровень деградации и физическое строение почвенных агрегатов. Сохранение и восстановление агрономически ценной структуры почвы при ее сельскохозяйственном использовании осуществляются при помощи таких агротехнических приемов, как посев многолетних трав, уменьшение оборота пласта, внесение органических и минеральных удобрений, химическая мелиорация почв (Кураченко, Ульянова, 2017; Еремин, 2018).

В агрономическом смысле под структурой почвы понимается совокупность агрегатов и структурных отдельных различной величины, формы, пористости, механической прочности и водопропускности. Если доля почвенных агрегатов (комковато-зернистая фракция размером 0,25–10,0 мм) составляет более 55,0%, то такая почва в агрономическом смысле считается структурной.

В хорошо агрегированной почве создаются наиболее благоприятные условия для роста и развития растений, способствующие улучшению окислительно-

восстановительных и физико-механических свойств почвы, ее водно-воздушного и теплового режимов, поглотительной способности, а также накоплению гумуса и элементов питания (Бондарев, 2007).

По мнению Н. А. Качинского (1965), к хорошо оструктуренным почвам относятся такие, в которых преобладают агрегаты размером 2,0–4,0 мм (с колебанием размера в пределах от 1,0 до 10 мм). А. Кульман и А. Клименс-Чмик (1961) считают наиболее ценными структурные отдельности размером 0,2–5,0 мм. Н. А. Пегова (2016) к агрегатам с высокой агрономической ценностью относит фракции размером 0,25–3,0 мм, в которых, как показали исследования, содержится наибольшее количество гумусовых веществ. Подобную закономерность установили также В. Голдштайн с соавт. (2000) и И. С. Белюченко с соавт. (2013), исследования которых выявили, что повышение агрегации почвы способствует сохранению органического углерода и удержанию вместе почвенных структурных отдельностей.

О высокой агрономической ценности почвенных агрегатов диаметром 1,0–3,0 мм свидетельствуют результаты исследований Г. Н. Черкасова с соавт. (2014), в результате которых установлена их взаимосвязь с повышенным содержанием микробной биомассы, способной к минерализации органического вещества в почве. И. Б. Ревут (1965) пришел к выводу, что агрономически ценными следует считать фракции почвы размером 0,25–7,0 мм. Таким образом, все приведенные оценки сходятся в том, что нижнем пределе размера наиболее ценных почвенных агрегатов является 0,20–0,25 мм.

В Республике Татарстан около 44,0% площади пашни занимают черноземные почвы, из них 27,0% составляют черноземы выщелоченные. В сухом состоянии данные почвы отличаются хорошей структурой с преобладанием зернистой фракции размером 1,0–10,0 мм. Доля пылевой фракции составляет незначительный процент.

Несмотря на высокую буферность черноземов выщелоченных, исследования некоторых авторов свидетельствуют об утрате ими агрономически ценной почвенной структуры. По их мнению, это может происходить вследствие интенсивной механической обработки почвы, а также недостаточного внесения химических мелиорантов и удобрений (Алиев и др., 2008).

Поволжский регион обладает значительными запасами агрохимического минерального сырья, в частности фосфоритов, глауконитов, цеолитов и др. Уникальные физико-химические свойства и разнообразный состав позволяют использовать их в земледелии в качестве мелиорантов для улучшения структуры почвы.

В настоящее время предприятие по добыче и переработке фосфоритов по технологии сырого помола исходной руды функционирует на Сяндюковском месторождении Республики Татарстан. Получаемая продукция – фосмелиорант (P_2O_5 – 8–12%) — соответствует требованиям

«Временных рекомендаций по применению известково-фосфоритной муки Сяндюковского месторождения...» (ВНИПТИХИМ, Москва – Казань, 1989; Казань, 1990). По химическим показателям фосфоритная мука характеризуется как комплексное удобрение, содержащее углекислый кальций ($CaCO_3$), углекислый магний ($MgCO_3$), фосфор (P_2O_5) и микроэлементы. Сыромолотый фосфорит более известен как известково-фосфоритная мука, применение которой особенно эффективно на кислых почвах.

Большой интерес представляет использование в качестве удобрений глауконитов, являющихся весьма ценным и доступным сырьем. Данные минералы из группы гидрослюдов характеризуются содержанием питательных веществ, а также высокой адсорбционной и ионообменной способностью. Полезные свойства глауконитов определяются высоким содержанием K_2O (до 9,5%), а также способностью разрушаться и переводить калий в легкоусвояемые формы, что позволяет отнести их к бесхлорным калийным удобрениям. Минерал представляет собой в основном округлые зерна от желтовато-зеленого до темно-зеленого цвета размером 0,07–0,25 мм (также встречаются частицы размером 0,4 мм). Содержание в глауконитах тонко рассеянного фосфатного вещества (P_2O_5 до 4,5% и более) и микроэлементов (Mn, Cu, Co, Ni, B, V и др.), а также их способность удерживать влагу и поглощать из почвы тяжелые металлы позволяют использовать данные минералы в качестве комплексного удобрения постепенного действия.

Уникальные полезные свойства цеолитсодержащих мергельно-кремнистых пород обуславливают их широкое применение в сельском хозяйстве и охране окружающей среды. Основными показателями, определяющими их качество, являются адсорбционные, катионообменные, термо- и кислотоустойчивые свойства. Применение цеолитсодержащих пород в земледелии способствует увеличению емкости поглощения почвы, повышению содержания влаги, а также снижению потерь минеральных удобрений и газообразных соединений азота из почвы.

На улучшение физико-химических и агрохимических свойств чернозема выщелоченного при использовании местного минерального сырья указывают Т. Х. Ишкаев с соавт. (2002) и А. Х. Яппаров с соавт. (2015). По мнению авторов, фосфориты, глаукониты и цеолитовые породы являются агрохимическим сырьем с новыми качественными показателями, обеспечивающими производство экологически безопасной продукции растениеводства.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния различных доз местных природных фосфоритов, глауконитов и цеолитов на увеличение доли агрономически ценных почвенных агрегатов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Стационарный однофакторный полевой опыт заложен в 2010 г. на базе Татарского НИИ агрохимии и почвоведения в условиях Предволжского

агропочвенного района РТ. Исходные агрохимические показатели чернозема выщелоченного среднемоющего тяжелосуглинистого механического состава следующие: $pH_{\text{сол.}}$ – 5,1 ед., содержание гумуса – 6,7%, подвижного фосфора (P_2O_5) – 161 мг $кг^{-1}$, обменного калия (K_2O) – 148 мг $кг^{-1}$, гидролитическая кислотность (H_T) и сумма поглощенных оснований ($S_{\text{обм.}}$) – 4,9 и 49,2 мг-экв $100 г^{-1}$ почвы соответственно; агрофизические показатели: запас продуктивной влаги – 31,6 мм, объемная масса – 1,16 $г см^{-3}$, водопроницаемость – 115,2 мм $час^{-1}$.

Структурно-агрегатный состав почвы при сухом просеивании характеризовался наличием крупных комков и мелких глыбок (фракция >10 мм, 36,0%), комковато-зернистой макроструктуры (размером 10,0–0,25 мм, 61,6%) и пылеватых частиц (фракция <0,25 мм, 2,4%).

Объектами исследования являлись фосфоритная мука (фосфориты) и глауконитовый песок (глаукониты) Сюндюковского месторождения, а также цеолитсодержащая порода (цеолиты) Татарско-Шатрашанского месторождения Республики Татарстан. Заделка фосфоритов, глауконитов и цеолитов проводилась осенью после уборки яровой пшеницы при отвальной вспашке под плуг на глубину 25–27 см. Полная доза внесения фосфоритной муки составляла 4 и 6 $т га^{-1}$, глауконитового песка – 15 и 20 $т га^{-1}$, цеолитсодержащей породы – 10 и 15 $т га^{-1}$.

Минеральные удобрения вносились ежегодно под предпосевную культивацию культур в звене севооборота: яровой ячмень – сахарная свекла – яровая пшеница – яровой ячмень – яровой ячмень – сахарная свекла.

Оптимальный и сбалансированный режим питания почвы предусматривал ежегодное внесение минеральных удобрений с учетом содержания в составе агроминералов основных макроэлементов (азота, фосфора, калия): под фосфориты – аммиачной селитры и хлористого калия в дозах по 60 $кг га^{-1}$, под глаукониты – аммиачной селитры в дозе 90 $кг га^{-1}$, под цеолиты – азофоски в дозе 60 $кг га^{-1}$ в действующем веществе.

Схема опыта включала 10 вариантов: I – Контроль; II – $N_{60}K_{60}$ – Фон 1; III – Фон 1 + фосфорит 4 $т га^{-1}$; IV – Фон 1 + фосфорит 6 $т га^{-1}$; V – N_{90} – Фон 2; VI – Фон 2 + глауконит 15 $т га^{-1}$; VII – Фон 2 + глауконит 20 $т га^{-1}$; VIII – $N_{60}P_{60}K_{60}$ – Фон 3; IX – Фон 3 + цеолит 10 $т га^{-1}$; X – Фон 3 + цеолит 15 $т га^{-1}$.

Опыт проводился в трехкратной повторности, площадь делянок составляла 50 $м^2$, размещение вариантов – рендомизированное.

Химический состав фосфоритной муки: P_2O_5 – 9,7%, CaO – 28,5%, MgO – 1,2%, Fe_2O_3 – 7,3%, Al_2O_3 – 5,4%, F – 1,3%, FeO – 0,6%, CO_2 – 4,0%, K_2O – 1,8%, Na_2O – 1,0%, SiO_2 – 24,1%, SO_3 – 4,5%; минералогический состав: фосфорит – 64,0%, глауконит и гидрослюда – 22,0%, кварц – 7,0%, кальцит – 0,7%, сидерит – 2,0%, пирит – 3,5%, гипс и другие сульфаты – 0,7%, прочие минералы – 0,1%.

Химический состав глауконитового песка: P_2O_5 – 2,5–4,8%, K_2O – 2,0–8,0%, CaO – 7,9–20,0%, Fe – 4,7–7,0%, MgO – 1,2–4,7%; минералогический состав: глауконит, кварц, полевой шпат и глинистые минералы – до 90,0–95,0%, цеолит – 5,0–10,0%. Содержание глауконита в породе изменялось от 20 до 40% и более.

Химический состав цеолитсодержащей породы: Fe_2O_3 – 1,9%, CaO – 14,43%, MgO – 1,86%, Na_2O – 0,20%, K_2O – 1,10%, P_2O_5 – 0,08%; минералогический состав: кальцит – 18,0–23,0%, опалкристиболит (SiO_2 акт.) – 27,0%, глина – 34,0%, в том числе монтмориллонитовый компонент (МК) – 7,0%, цеолит – 21,0%.

Отбор почвенных образцов для определения структурно-агрегатного состава проводился в 2014–2016 гг. Содержание общего количества структурных фракций и размер агрегатов определялись методами сухого просеивания по Н. И. Савинову, продуктивная влага в пахотном слое почвы – термостатно-весовым методом, объемная масса – с использованием металлических цилиндров по Б. А. Доспехову (1977), водопроницаемость – с помощью прибора Васильева-Доспехова (1977). Обработка экспериментальных данных осуществлялась при помощи методов дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (1985) с использованием компьютерной программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Чернозем выщелоченный характеризовался хорошим агрегатным состоянием ($K_c = 1,5$). Разовая заделка фосфоритов, глауконитов и цеолитов в почву по фону минеральных удобрений способствовала улучшению агрегированности ее пахотного слоя (табл. 1).

Катионы кальция и магния изучаемых минералов, вытесняя из почвенного раствора ионы водорода и алюминия, способствовали изменению его ионного равновесия в положительную сторону. Улучшение катионного состава чернозема выщелоченного сопровождалось увеличением степени насыщенности почвы основаниями. Повышение поглощательной способности почвы и улучшение питательного режима прикорневой зоны растений обеспечили активизацию ферментов и деятельности почвенных микроорганизмов. В результате произошло улучшение структурно-агрегатного состояния почвы, а также повышение ее плодородия.

Минеральные удобрения способствовали некоторому подкислению почвы, при этом происходило незначительное увеличение количества крупных фракций почвы размером более 10,0 мм (на 0,3, 0,6 и 0,1%) и уменьшение числа мелких почвенных отдельностей размером менее 0,25 мм (на 2,1, 1,5 и 2,4% соответственно). В то же время под влиянием минеральных удобрений повысилось содержание частиц агрономически ценного диапазона комковато-зернистой структуры размером от 0,25 до 10,0 мм (на 1,8, 0,9 и 2,3% соответственно по отношению к контролю).

Таблица 1. Влияние фосфоритов, глауконитов и цеолитов на структурно-агрегатный состав чернозема выщелоченного (% на воздушно-сухую почву)

Вариант	Размер структурных отдельностей, мм									K _c
	>10,0	10,0–7,0	7,0–5,0	5,0–3,0	3,0–2,0	2,0–1,0	1,0–0,5	0,5–0,25	<0,25	
Контроль	35,1	10,3	8,1	15,3	8,2	7,7	5,8	4,8	4,7	1,5
Фон 1 – N ₆₀ K ₆₀	35,4	7,7	8,6	16,9	6,8	7,6	8,3	6,1	2,6	1,6
Фон 1 + ФТ ¹ 4 т га ⁻¹	31,5	7,3	8,7	16,0	8,2	12,0	7,8	7,2	1,3	2,0
Фон 1 + ФТ 6 т га ⁻¹	30,9	8,5	10,3	17,2	7,6	10,4	8,0	7,1	–	2,2
Фон 2 – N ₉₀	35,7	7,1	7,7	16,8	7,2	8,7	7,4	6,2	3,2	1,6
Фон 2 + ГТ ² 15 т га ⁻¹	35,7	6,1	9,8	16,6	7,4	7,8	8,2	7,5	0,9	1,7
Фон 2 + ГТ 20 т га	34,4	8,2	7,5	15,1	7,9	9,2	8,7	7,7	1,3	1,8
Фон 3 – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	35,2	7,4	8,2	15,5	6,9	10,0	7,5	7,0	2,3	1,7
Фон 3 + ЦТ ³ 10 т га ⁻¹	33,2	8,6	8,2	15,9	7,0	11,3	7,1	7,6	1,1	1,9
Фон 3 + ЦТ 15 т га ⁻¹	32,8	9,0	8,5	16,1	7,9	11,9	8,1	4,5	1,2	1,9
НСР _{0,5}	0,53	0,06	0,11	0,12	0,07	0,21	0,18	0,12	0,10	0,09

Примечание: ¹ – фосфориты; ² – глаукониты; ³ – цеолиты.

В последствии фосфоритов, внесенных в дозах 4 и 6 т га⁻¹, доля частиц размером 10,0-0,25 мм, обеспечивающих плодородие почвы, возросла на 8,4 и 11,5% соответственно относительно фона N₆₀K₆₀ (62,0%). При этом внесение возрастающих доз минерала способствовало снижению содержания крупных (> 10,00 мм) почвенных агрегатов (на 11,0 и 12,7%) и мелких (< 0,25 мм) отдельностей (на 5,0%). Аналогичным образом происходило улучшение структурно-агрегатного состояния чернозема выщелоченного под влиянием глауконитов. В последствии минерала, внесенного в дозах 15 и 20 т га⁻¹, содержание ценных (10,0–0,25 мм) структурных отдельностей увеличилось на 3,8 и 5,2% относительно азотного (N₉₀) фона (61,1%). При этом под влиянием максимальной (20 т га⁻¹) дозы глауконита произошло снижение содержания глыбистой (> 10,0 мм) фракции на 3,6%, а под влиянием обеих доз 15 и 20 т га⁻¹ – уменьшение количества бесструктурной распыленной почвы (< 0,25 мм) на 71,9 и 59,4% соответственно.

Природные цеолиты, заделанные в почву, также способствовали оптимизации структурно-агрегатного состояния чернозема выщелоченного. При существенном повышении доли наиболее агрономически ценных агрегатов (на 5,1 и 5,6%) снизилось содержание малоценных фракций:

Таблица 2. Влияние фосфоритов, глауконитов и цеолитов на агрофизические свойства чернозема выщелоченного

Вариант	Запасы продуктивной влаги в почве (0–30 см), мм	Водопроницаемость почвы, мм/час	Объемная масса почвы, г см ⁻³
Контроль	30,8	101,6	1,23
Фон 1 – N ₆₀ K ₆₀	31,1	104,1	1,22
Фон 1 + ФТ ¹ 4 т га ⁻¹	33,2	123,0	1,20
Фон 1 + ФТ 6 т га ⁻¹	34,0	124,5	1,19
Фон 2 – N ₉₀	30,6	98,8	1,26
Фон 2 + ГТ ² 15 т га ⁻¹	32,4	115,0	1,21
Фон 2 + ГТ 20 т га ⁻¹	33,3	117,4	1,20
Фон 3 – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	32,0	112,0	1,20
Фон 3 + ЦТ ³ 10 т га ⁻¹	34,1	129,9	1,19
Фон 3 + ЦТ 15 т га ⁻¹	34,9	133,6	1,18
НСР _{0,5}	0,11	0,19	0,03

глыбистой – на 5,7 и 6,8%, пылевой – на 52,2 и 47,8% соответственно дозам минерала 10 и 15 т га⁻¹ по отношению к фону N₆₀P₆₀K₆₀ (62,5%).

Для сравнения: в контрольном варианте содержание крупных комков и мелких глыбок (фракции > 10,0 мм) составляло 35,1%, а доля мелких пылеватых частиц (фракции < 0,25 мм) – 4,7% (табл. 1).

Изменение структурного состояния чернозема выщелоченного под влиянием природных минералов оценивалось по коэффициенту структурности почвы (K_c). Его значения характеризовали агрегатное состояние исследуемой почвы как отличное (> 1,5). При этом наибольший коэффициент структурности (K_c = 2,0 и 2,2) почвы отмечен в вариантах с внесением фосфоритов в дозах 4 и 6 т га⁻¹. Под влиянием глауконитов, внесенных в дозах 15 и 20 т га⁻¹, показатель структурности почвы увеличился до K_c = 1,7 и 1,8, а под влиянием цеолитов, внесенных в дозах 10 и 15 т га⁻¹, – до K_c = 1,9. Восстановление агрономически ценных почвенных агрегатов напрямую зависело от вида природного минерала.

В рамках исследования также изучалось влияние фосфоритов, глауконитов и цеолитов в последствии на запасы продуктивной влаги, водопроницаемость и объемную массу чернозема выщелоченного (табл. 2).

Установлено, что под влиянием минералов произошло улучшение водного режима почвы. Запасы продуктивной влаги в пахотном слое при внесении фосфоритов увеличились на 6,7 и 9,3%, глауконитов – на 5,9 и 8,8%, цеолитов – на 6,6 и 9,1% соответственно возрастающим дозам минералов по отношению к фону. Дефицит влаги наблюдался при ежегодном одностороннем применении азотнокислой аммиачной селитры.

Таким образом, наилучшая влагообеспеченность почвы отмечена в вариантах с использованием цеолитов.

Минералы оказывали различное влияние на водопроницаемость почвы. Повышенная водопроницаемость почвы отмечена в вариантах с внесением фосфоритов в дозах 4 и 6 т га⁻¹ (произошло ее увеличение на 18,1 и 19,6% соответственно по сравнению с фоном). В последствии глауконитов, внесенных в дозах 15 и 20 т га⁻¹, пропускная способность почвы увеличилась на 16,4 и 18,8%, цеолитов, внесенных в дозах 10 и 15 т га⁻¹, – на 16,0 и 19,3% соответственно по отношению к фону.

Наблюдения за физическим состоянием чернозема выщелоченного позволили определить воздействие минералов на плотность сложения почвы (или объемную массу). Уплотнение почвы наблюдалось только при внесении аммиачной селитры (плотность сложения почвы повысилась на 2,4% по отношению к контролю).

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований показали, что природные фосфориты, глаукониты и цеолиты в последствии (2014–2016 гг.) способствовали улучшению структурно-агрегатного состояния чернозема выщелоченного. Содержание почвенных частиц агрономически ценного диапазона комковато-зернистой структуры (10,0–0,25 мм) увеличилось на 3,8–11,5% по отношению к фону.

Выявлено положительное влияние минералов на накопление запасов продуктивной влаги в пахотном слое (отмечено их увеличение на 5,9–9,3%). Снижение плотности почвы (на 0,8–4,8%) под воздействием изучаемых минералов способствовало повышению ее водопроницаемости (на 16,0–19,6%).

Таким образом, фосфориты, глаукониты и цеолиты рекомендуется использовать в земледелии для улучшения структурно-агрегатного состояния чернозема выщелоченного.

Список литературы

- Алиев Ш. А., Ломачко Е. И., Биккина Л. М.-Х. Фракционный состав фосфатов в выщелоченном черноземе при известковании // Плодородие. 2008. № 2(41). С. 12–13.
- Белюченко И. С., Славгородская Д. А. Изменение агрегатного состояния чернозема обыкновенного при внесении органо-минерального компоста // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 4. С. 23–25.
- Бондарев А. Г. О значении физических свойств почв в адаптивно-ландшафтном земледелии // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2007. № 60. С. 71–74.
- Голдштейн В., Боинчан Б. Ведение хозяйства на экологической основе в лесостепной и степной зонах Молдовы, Украины и России. М.: Эко Нива, 2000. 272 с.
- Еремич Д. И. Динамика агрофизических свойств пахотного чернозема под действием многолетнего использования минеральных удобрений в лесостепной зоне Зауралья // Агрофизика. 2018. № 2. С. 9–14.
- Ишхаев Т. Х., Яппаров А. Х., Шакиров Р.С. Использование нетрадиционных агротехник как адсорбентов тяжелых металлов и радионуклидов при производстве зерна для выпуска продуктов детского питания // Труды ТАТ НИИ агрохимии и почвоведения: Плодородие почв, удобрения, урожай. Казань: ДАС, 2002. С. 10.
- Качинский Н. А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1965. 324 с.
- Кураченко Н. Л., Ульянова О. А. Действие удобрительных смесей на основе опилок и птичьего помета на агрофизическое состояние чернозема Красноярской лесостепи // Агрофизика. 2017. № 4. С. 9–15.
- Кульман А., Клименко-Чмик А. Исследование динамики водопропускности почвенных агрегатов // Почвоведение. 1961. № 3. С. 23–25.
- Пегова Н. А. Изменение агрегатного состава и водопропускности пахотного слоя под влиянием систем обработки почвы и вида пара // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. Т. 6. № 6. С. 8–11.
- Ревут И. Б. Физика почв. М.: Колос, 1965. 370 с.
- Яппаров А. Х., Биккина Л. М.-Х., Яппаров И. А., Алиев Ш. А., Ежкова А. М., Ежков В. О., Газизов Р. Р. Изменение свойств и продуктивности почв чернозема выщелоченного и серой лесной почвы под влиянием мелиорантов // Почвоведение. 2015. № 10. С. 1267–1276. DOI: 10.7868/S0032180X15100135.

References

- Aliev Sh. A., E. I. Lomachko, L. M.-H. Bikinina. Frakcionnyj sostav fosfatov v vyshhelochennom chernozeme pri izvestkovanii. [Fractional composition of phosphates in leached Chernozem during liming] // *Fecundity*, 2008, no. 2(41), pp. 12–13.
- Belyuchenko I. S., Slavgorodskaya D. A. Izmenenie agregatnogo sostojaniya chernozjoma obyknovennogo pri vnesenii organo-mineral'nogo komposta. [Change in the aggregate state of ordinary Chernozem when making organo-mineral compost] // *Doklady Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2013, no. 4, pp. 23–25.

- Bondarev A. G. O znachenii fizicheskikh svoystv pochv v adaptivno-landshaftnom zemledelii. [On the importance of physical properties of soils in adaptive landscape agriculture] // *Bulletin of soil Institute after V. V. Dokuchaeva*, 2007, no. 60. pp. 71–74.
- Goldstein V., Boinchan B. Vedenie hozjajstva na jekologicheskoj osnove v lesostepnoj i stepnoj zonah Moldovy, Ukrainy i Rossii. [Introduction farm on an ecological basis in the forest-steppe and steppe zones of Moldova, Ukraine and Russia]. Moscow: Eco Niva, 2000. 272 p.
- Eremin D. I. Dinamika agrofizicheskikh svoystv pahotnogo chernozema pod dejstviem mnogoletnego ispol'zovanija mineral'nyh udobrenij v lesostepnoj zone Zaural'ja. [Dynamics of agrophysical properties of arable Chernozem under the influence of long-term use of mineral fertilizers in the forest-steppe zone of the TRANS-Urals] // *Agrofizika*, 2018, no. 2. pp. 9–14.
- Ishkaev T. H., Yapparov A. Kh., Shakirov R. S. Ispol'zovanie netradicionnyh agrorud kak adsorbentov tjazhelyh metallov i radionuklidov pri proizvodstve zerna dlja vypuska produktov detskogo pitaniya. [The use of non-traditional agricultural ores as adsorbents of heavy metals and radionuclides in the production of grain for the production of baby food]. *Trudy TAT NII agrohimii i pochvovedenija: Plodorodie pochv, udobrenija, urozhaj*. [Proceedings of the institute of Agrochemistry and soil science: soil Fertility, fertilizers, harvest]. Kazan: DAS, 2002. pp. 4–10.
- Kaczynski N. Ah. *Fizika pochv. (Uchebnik dlja vuzov)*. [Physics of soil. (Textbook for higher education)]. Moscow: Higher school, 1965. 323 p.
- Kurachenko N. L., Ulyanov O. A. Dejstvie udobritel'nyh smesej na osnove opilok i ptich'ego pometa na agrofizicheskoe sostojanie chernozema Krasnojarskoj lesostepi. [The Effect of fertilizer mixtures based on sawdust and poultry manure on the agro-physical state of the black soil of Krasnoyarsk forest-steppe] // *Agrofizika*, 2017, no. 4, pp. 9–15.
- Kul'man A., Klimens-Chmik A. Issledovanie dinamiki vodoprochnosti pochvennyh agregatov. [Study of the dynamics of water-resistance of soil aggregates] // *Pochvovedenie*, 1961, no. 3, pp. 23–25.
- Pegova N. Ah. Izmenenie agregatnogo sostava i vodoprochnosti pahotnogo sloja pod vlijaniem sistem obrabotki pochvy i vida para. [Changes in the aggregate composition and water resistance of the arable layer under the influence of tillage systems and the type of steam] // *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, v. 6, no. 6, pp. 8–11.
- Revut I. B. *Fizika pochv. (Uchebnik dlja vuzov)*. [Physics of soil. (Textbook for higher education)]. Moscow: Kolos, 1965. 370 p.
- Yapparov A. Kh., Bikkinina L. M.-Kh., Yapparov I. A., Aliev Sh. A., Ezhkova A. M., Ezhkov V. O., Gazizov R.R. Changes in the Properties and Productivity of Leached Chernozem and Gray Forest Soil under the Impact of Ameliorants // *Eurasian Soil Science*, 2015, v. 48, no. 10, pp. 1149–1158. Pleiades Publishing, Ltd., 2015. DOI: 10.1134/S1064229315100130.

УДК 633.11.324:631582:631.452:631445.4

DOI:10.25695/ AGRPH.2019.04.03

ВЛИЯНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЕЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL, НА ДИНАМИКУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО

И. А. Вольтерс, О. И. Власова, Л. В. Трубачева, В. М. Передериева, Е. В. Письменная

*Ставропольский государственный аграрный университет,
355000, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12,
E-mail: volters06@rambler.ru*

Поступила в редакцию 31.05. 19. Принята к печати 21 ноября 2019 г.

Представлены результаты исследований по влиянию озимой пшеницы и ее предшественников, выращиваемых по технологии no-till, на агрофизические свойства почв (структурно-агрегатный состав, водопрочность, содержание влаги). Исследования проведены в 2018 г. на базе агропредприятия КФХ Водопьянов С. С., расположенного в засушливой зоне Ставропольского края. Объектом исследований являлась ведущая культура юга России – озимая пшеница сорта Баграт, возделываемая по озимому рапсу, кукурузе на зерно и подсолнечнику на черноземе южном. Установлено, что к фазам колошения-цветения и полной спелости озимой пшеницы запасы продуктивной влаги в верхнем (0,0–0,20 м) и метровом слоях почвы уменьшились по всем предшественникам. В почве под посевами озимой пшеницы, возделываемой по кукурузе на зерно, отмечено наибольшее количество агрономически ценной почвенной структуры. Коэффициент структурности по всем предшественникам практически не различался. Число водопрочных агрегатов увеличилось к фазе полной спелости, а наибольшее их количество отмечено в почве под посевами озимой пшеницы, возделываемой по озимому рапсу. Показатели плотности почвы под посевами пшеницы, возделываемой по озимому рапсу, были ниже по сравнению с почвами, на которых выращивались другие предшественники.

Ключевые слова: озимая пшеница, предшественники, технология no-till, агрофизические свойства.