

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ ТИПИЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИКИ ИХ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Ольга Михайловна Кольцова
Юрий Иванович Житин
Николай Трофимович Павлюк

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Представлены результаты исследований по диагностике показателей почвенно-биотического комплекса (ПБК) черноземов выщелоченных типичной лесостепи, почвенно-поглощающий комплекс которых характеризуется недонасыщением кальцием. Методы исследований – полевой, лабораторно-аналитический, сравнительный, математический. Приводятся данные изменения содержания гумуса и коэффициента гумусонакопления (Кгнк), состояния микробиоценоза и ферментативной активности, позволяющие оценить состояние изучаемых почв при различном уровне удобренности и при использовании кальцийсодержащего вещества (дефеката). Показана тесная связь изучаемых биологических показателей с физико-химическими свойствами и прежде всего с величиной кислотности. Наиболее благоприятными были показатели кислотности на мелиорированном варианте: $pH_{KCl} - 6,5$, гидролитическая кислотность – 2,7 мг-экв./100 г почвы. Этот вариант по показателям почвенного плодородия оказался наиболее близким к естественной экосистеме (целине). Внесение дефеката позволило улучшить состояние микробиоценоза, увеличив в нем количество бактерий до 235 млн, актиномицетов – до 10 тыс. и снизить количество грибов до 8 тыс. На этом фоне содержание гумуса увеличилось до 4,5% и Кгнк стал равен 1,5, тогда как интенсивное использование физиологически кислых удобрений даже на фоне с навозом снизило содержание гумуса с 4,10 до 3,62%, а Кгнк – с 1,00 до 0,85. Определена активность каталазы и фосфатазы. Именно на мелиорированном варианте активность каталазы максимальная – 12,2 см³ O₂, а фосфатазы наименьшая – 0,47 мг P₂O₅, что указывает на хорошую обеспеченность растений минеральным фосфором. Оценка биологических и биохимических показателей чернозема выщелоченного агроэкосистемы показала значительную перестройку всех ее составляющих в результате интенсивного ведения сельскохозяйственного производства и возможность использования в диагностике различных агроприемов биологических и биохимических показателей, достаточно точно характеризующих экологическое состояние почвы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: чернозем выщелоченный, сельскохозяйственное производство, удобрения, химическая мелиорация, микробиоценоз, ферментативная активность, токсичность.

RATIONAL USE OF LEACHED CHERNOZEMS IN THE AGRICULTURAL ECOSYSTEMS OF TYPICAL FOREST STEPPE ON THE BASIS OF DIAGNOSING THEIR BIOLOGICAL CONDITION

Olga M. Koltsova
Yuriy I. Zhitin
Nikolay T. Pavlyuk

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors present the results of studies on diagnosing the parameters of soil biotic complex (SBC) of leached chernozems of typical forest steppe, the soil adsorption complex of which is characterized by undersaturation with calcium. The study methods included the field, laboratory analytical, comparative, and mathematical ones. The authors provide the data on changes in humus content and humus accumulation coefficient (HAC), as well as the state of microbiocenosis and enzymatic activity that allow assessing the state of the studied soils at different levels of fertilization and during the use of calcium-containing substance (defecate). A close relationship of the studied biological parameters with physicochemical properties and particularly with the acidity value is shown. The most favorable parameters of acidity were observed in the ameliorated variant (pH_{KCl} of 6.5 and hydrolytic acidity of 2.7 mg-eq per 100 g of soil). In terms of soil fertility this variant was the closest to the natural ecosystem

(virgin soil). The application of defecate allowed improving the state of microbiocenosis by increasing the number of bacteria up to 235 million and the number of actinomycetes up to 10 thousand, and reducing the number of fungi to 8 thousand. In this background the humus content increased to 4.5% and HAC was 1.5, whereas the intensive use of physiologically acid fertilizers decreased the humus content from 4.10 to 3.62% and HAC from 1.00 to 0.85 even against the background of manure application. The activity of catalase and phosphatase was determined. The ameliorated variant showed the maximum catalase activity of $12.2 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$ and the lowest phosphatase activity of 0.47 mg of P_2O_5 , which indicates a good supply of plants with mineral phosphorus. The assessment of biological and biochemical parameters of leached chernozem in the agricultural ecosystem showed a significant restructuring of all its components as a result of intensive agricultural production and the possibility of using the biological and biochemical parameters that quite accurately characterize the ecological state of soil in diagnosing of various agricultural techniques.

KEYWORDS: leached chernozem, agricultural production, fertilizers, chemical amelioration, microbiocenosis, enzymatic activity, toxicity.

Биология почв – это комплексная наука, связывающая биологию и почвоведение, и ее методологическая основа состоит в расшифровке механизмов, протекающих в почве, и прежде всего их биохимической сущности. С точки зрения В.В. Докучаева, почва – это итог воздействия на кору выветривания живых организмов, деятельность которых привела к образованию почвенного органического вещества гумуса [2]. Это своеобразное природное образование – биокосное тело, которое характеризуется двумя особенностями, во-первых, оно обладает массой, объемом, определенными свойствами и плодородием, т. е. способно производить урожай растений (по В.Р. Вильямсу), снабжая их водой и питательными веществами; во-вторых, само его существование обусловлено живым веществом, динамика жизни которого определяет динамику биокосного тела [7].

Биологическое направление в почвоведении связано прежде всего с проблемой трансформации органического вещества почв. Масса растительных остатков, поступающих в почву, подвергается интенсивному разложению, скорость которого во многом зависит от деятельности микроорганизмов, их количественного и качественного состава.

Существование структурно-функциональной интеграции между микробным комплексом почв и факторами внешней среды позволяет рассматривать микробный комплекс как сложный неспецифический естественный биосенсор [4]. Поэтому именно почвенная биота является важным и надежным индикатором состояния и степени нарушенности биогеоценоза, деятельность которого обусловлена напряженностью взаимодействия малого биологического и большого геологического круговоротов, объединенных именно почвой. Важность цепей разложения или редуцентного звена экосистемы обусловлена тем, что именно в них перерабатывается до 90% биомассы растений, попадающей с опадом [5].

В основе принципа биодиагностики почв лежит представление, что почва как среда обитания – это единая система минеральной (неживой) части и населяющих ее популяций различных организмов (живая часть). В зависимости от их сочетания, факторов почвообразования различные почвы отличаются по составу биоты, направленности физиологических и биохимических превращений и тех веществ, которые являются продуктами этих превращений [6].

Как известно, на биологическое состояние почвы огромное влияние оказывают абиотические факторы среды: водный, воздушный и пищевой режимы, изменяющие направленность и интенсивность биологических процессов.

Характер биохимических реакций в большой степени зависит от кислотности почвы. Большинство бактерий не развиваются при реакции среды ниже pH 5, а для грибов минимальное значение этого показателя составляет 2–3. Поэтому в почвах можно найти представителей всех групп микроорганизмов, но в разном количественном и качественном сочетании. Так, в кислых почвах преобладают грибы, а в слабощелочных – бактерии и актиномицеты. Несмотря на различную кислото- и щелочеустойчивость все

группы микроорганизмов проявляют активность в нейтральной среде. Поэтому поддержание кислотности среды на уровне, близком к нейтральному, приводит к активизации полезных для растений групп микроорганизмов [13].

Сопряжена с показателем состояния микробиоценоза почвы ее ферментативная активность. Зачастую, являясь интегрированным показателем состояния почвенно-биотического комплекса в целом, она более объективно отражает биологию почвы. Определение ферментативной активности показывает интенсивность и направленность протекающих в ней биохимических реакций, особенно в условиях антропогенного воздействия [12]. Своей производственной деятельностью человек нарушает базовые факторы почвообразования, изменяет ход и направленность почвенных процессов, что отражается на самих свойствах почвы, их трансформации.

Смена естественной растительности на монокультуру агроценоза приводит к поступлению органического вещества, а также к изменению гидротермического режима верхнего горизонта, затронутого сельскохозяйственной деятельностью. Это приводит к гумидизации режима в пахотных черноземах [3]. В них процессы, связанные с формированием гумусового профиля, сохраняются, но их интенсивность резко снижается, что связано, во-первых, со снижением количества поступающих растительных остатков, а во-вторых, с несовпадением зон максимального накопления биомассы и интенсивной микробиологической деятельности, что приводит к усилению процесса минерализации собственно гумусовых веществ в верхнем слое 0–5 см. Этот процесс во многом провоцируется ежегодной перепашкой почвы с оборотом пласта, при котором биологический материал для разложения пополняется не в виде растительного опада, как на целине, а в форме вновь образованных гумусовых веществ, т. е. преобладают процессы минерализации гумуса, а не его образования [3, 4]. М.М. Кононова в своих работах указывает на связь процессов гумусообразования и его минерализации с деятельностью микроорганизмов и ферментативной активностью почвы, в частности с такими ферментами, как полифенолоксидаза, ответственная за образование гумуса, и пероксидаза, связанная с его минерализацией. Соотношение активностей этих ферментов определяет величину коэффициента гумусонакопления – $K_{гнк}$ [9].

Таким образом, биология почв раскрывает суть проблемы распада сложных органических веществ, возврата минеральных элементов питания в глобальный круговорот, делаая их практически «неиссякаемыми» [13]. Поэтому необходимы сопряженные исследования физико-химических параметров плодородия черноземных почв, содержания и динамики гумуса, состояния основных групп микробиоценоза и ферментативной активности, обеспечивающих процессы превращения основных элементов питания растений.

Представленные исследования проводятся в условиях многолетнего стационарного полевого опыта УНТЦ «Агротехнология» Воронежского государственного аграрного университета, который был заложен в 1987 г. на черноземе выщелоченном среднемощном малогумусном тяжелосуглинистом со следующей характеристикой: pH_{KCl} – 4,84, гидролитическая кислотность (Нг) – 7 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями – до 85%, среднее содержание гумуса – 4,2%. При этом целинный участок с такой же почвенной разностью характеризовался прежде всего содержанием гумуса до 5,2% и благоприятным кислотным режимом (pH_{KCl} – 6,54, гидролитическая кислотность (Нг) – 2,7 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями – до 92%). Это показывает, что именно сельскохозяйственная деятельность человека приводит к ухудшению показателей почвенного плодородия.

В опыте изучалось действие и последствие различных агрохимикатов по следующим вариантам опыта:

- контроль – без удобрений;
- контроль – органический фон – 40 т/га навоза один раз в ротацию севооборота;

- органический фон + N₆₀P₆₀K₆₀;
- органический фон + дефекат (доза рассчитывается по Nг и равна ее полуторной величине).

Мелиорант вносится совместно с навозом в основную обработку в черный пар. Первоначально внесение его, как и навоза, проводили один раз в ротацию шестипольного севооборота, но позднее (с 2000 г. и далее) перешли к внесению один раз в две ротации, т. е. через 12 лет, что связано с высоким уровнем поддержания кислотности.

Как видно из характеристики основных свойств чернозема выщелоченного, его почвенный поглощающий комплекс недонасыщен кальцием. Именно декальцирование пахотного горизонта привело к потере органического вещества. По данным профессора К.Д. Глинки (1921), черноземы выщелоченные опытной станции Воронежского сельскохозяйственного института (в настоящее время УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ) содержали 7,23–8,79% гумуса в слое 0–20 см. По данным профессора М.С. Цыганова (1954), его содержание снизилось до 5,52–6,38, а в исследованиях А.Т. Цурикова (1983) это количество уменьшилось уже до 3,74–4,80%. Исследования, проведенные в 1987–2017 гг., показывают, что количество гумуса равно 3,80–4,22% [8].

Анализ изменений кислотности изучаемого чернозема за период с 1921 г. до настоящего времени дает основание говорить о существенном влиянии сельскохозяйственного производства на этот показатель. Наиболее значимые изменения кислотности отмечены на вариантах с внесением минеральных удобрений по органическому фону. Даже внесение оптимальной для региона дозы N₆₀P₆₀K₆₀ под озимую пшеницу привело к увеличению гидролитической кислотности по сравнению с целиной до 6,2 мг-экв./100 г почвы, а рН_{KCl} снизилась до 5,0–4,8 [7]. Исследования в стационарном опыте с 1987 г. подтверждают эти данные. Так, на контроле и варианте с органо-минеральными удобрениями рН_{KCl} составила соответственно 5,2 и 5,0.

Внесение только органических удобрений привело к увеличению этого показателя до 5,4, и лишь дефекатирование значительно снизило кислотность, увеличив рН_{KCl} до 6,5, т. е. почва приобрела реакцию, близкую к нейтральной, наиболее благоприятной для микробиологической деятельности, как отмечалось выше, и роста, и развития основных сельскохозяйственных культур. Эти изменения отразились и на динамике органического вещества, которая в опыте изучалась совместно с активностью полифеноксидазы и пероксидазы, отношение которых позволяет определить Кгнк, т. е. напряженность и направленность процессов гумусообразования. Содержание гумуса как основной биологической характеристики почвы и активность ферментов изменяются по вариантам опыта следующим образом (табл. 1).

Таблица 1. Содержание гумуса и величина Кгнк в черноземе выщелоченном (слой 0–20 см, среднее за 2014–2016 гг.)

Варианты опыта	Гумус, %		Кгнк	
	1987 г.	2014–2016 гг.	1987 г.	2014–2016 гг.
Контроль – без удобрений	3,83	3,60	0,91	0,60
Контроль – органический фон	4,03	3,98	0,94	1,04
Органический фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,10	3,62	1,00	0,85
Органический фон + дефекат	4,04	4,50	0,97	1,50
НСР _{0,95} , %		0,23		0,15

Анализ данных таблицы 1 показывает некоторую стабилизацию состояния органического вещества на варианте с внесением только органических удобрений, тогда как

на контроле и варианте с органо-минеральными удобрениями происходит достоверное снижение содержания гумуса, причем более значительное – на 0,48% во втором случае. Внесение дефеката позволило увеличить данный показатель на 0,46%. Все эти данные полностью коррелируют с изменением кислотности чернозема выщелоченного. Можно выстроить ряд по изменению показателя содержания гумуса в изучаемой почве: органический фон + N₆₀P₆₀K₆₀ – контроль без удобрений – контроль органический фон – органический фон + дефекат.

Такие изменения в содержании гумуса подтверждаются и ферментативной активностью. На контроле активность полифенолоксидазы снизилась с 0,16 до 0,09 мг пурпургаллина, тогда как пероксидазы увеличилась до 0,15, поэтому Кгнк снизился до 0,6. На дефекатированном варианте активность полифенолоксидазы изменяется недостоверно с 0,21 до 0,19 мг, тогда как активность пероксидазы резко уменьшается – с 0,25 до 0,10, поэтому Кгнк возрастает до 1,5. На варианте с органическим фоном происходит стабилизация гумусового состояния, тогда как при совместном внесении органических и минеральных удобрений установлена та же закономерность, что и на контроле без удобрений, здесь Кгнк меньше единицы, т. е. преобладают процессы минерализации гумуса.

Активное сельскохозяйственное использование чернозема выщелоченного оказало значительное влияние на состояние микробоценоза. Как известно, основу почвенного микробоценоза составляют бактерии – до 70% от общего количества микроорганизмов, причем в окультуренных почвах при сбалансированном состоянии ППК оно возрастает с нескольких миллионов в 1 г необрабатываемой почвы до нескольких миллиардов [5, 12].

Бактерии – это одноклеточные организмы с многочисленными и разнообразными морфологическими, анатомическими и биологическими свойствами, с высокой приспособительной способностью размножаться.

Вторая по численности группа микроорганизмов – актиномицеты, составляют до 30% общего количества микрофлоры. Так как они устойчивы к засухе, то наиболее активны летом и принимают активное участие в разложении азотсодержащих и безазотистых органических веществ, т. е. участвуют в процессах гумусообразования.

Наименьшая по объему группа микроорганизмов – грибы, но за счет образования огромного (иногда до сотен и тысяч килограммов) мицелия они составляют значительную по объему биомассу. Грибы особенно активны в кислых почвах, обладая высокоактивным ферментативным аппаратом, они способны быстро окислять и разлагать различные органические вещества [1, 12].

В представленных исследованиях выявлена следующая закономерность в содержании основных групп микроорганизмов по вариантам опыта (табл. 2).

Таблица 2. Численность основных групп микроорганизмов на 1 г почвы (слой 0–20 см, среднее за 2006–2016 гг.)

Варианты опыта	Бактерии, млн шт.	Грибы, тыс. шт.	Актиномицеты, тыс. шт.
Контроль – без удобрений	60	15	4
Контроль – органический фон	152	12	8
Органический фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	104	21	6
Органический фон + дефекат	235	8	10

Данные таблицы 2 показывают очень низкое содержание бактерий и актиномицетов на контрольном варианте, что можно связать с общим недостатком элементов минерального питания. На всех других вариантах количество этих организмов возрастает, но в большей мере зависит от кислотности почвенного раствора. Так, по внесению

элементов питания лучшим должен быть вариант с органо-минеральными удобрениями, но на самом деле приоритет остается за дефекацированным вариантом, где количество бактерий больше, чем на контроле, почти в 4 раза, внесение только навоза повышает этот показатель более чем в 2 раза. Аналогичная ситуация складывается и по количеству актиномицетов. Обратная зависимость установлена для грибов. Здесь их наибольшее количество отмечено на варианте с органо-минеральными удобрениями – 21 тыс. шт., что в 1,5 раза больше, чем на контроле. Наименьшим оно было на варианте с наименьшей кислотностью – на варианте с дефекацией. Этот вариант оказался наиболее близким к естественной экосистеме целины, где количество бактерий составило 520 млн шт., актиномицетов – 30 и грибов – 7 тыс. шт.

Дополнительно в исследованиях определяли активность таких распространенных ферментов, как каталаза и фосфатаза (табл. 3). Каталаза координирует реакцию выделения кислорода в результате разложения ядовитой перекиси водорода до кислорода и воды. Это и внутриклеточный фермент, и фермент, активно выделяющийся микроорганизмами в окружающую среду, где она очень устойчива к внешним условиям и длительное время сохраняет активность, важным фактором этого является кислотность почвенного раствора и оптимальное значение pH среды – около 7. Фосфатаза относится к группе ферментов, катализирующих процесс минерализации органических фосфатов до минеральных форм, доступных для питания растений. Это очень важная роль фермента, так как в черноземных почвах до 80% соединений фосфора находится в виде органических форм, малодоступных для растений [11].

Таблица 3. Активность каталазы и фосфатазы, на 1 г почвы (слой 0–20 см, среднее за 2014–2017 гг.)

Варианты опыта	Фосфатаза, мг P₂O₅	Каталаза, см³ O₂ за 1 мин.
Контроль – без удобрений	0,72	6,2
Контроль – органический фон	0,55	7,8
Органический фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,60	5,7
Органический фон + дефекация	0,47	12,2
НСР _{0,95}	0,09	1,6

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует, что наивысшей активностью каталазы была на дефекацированном варианте, где складывается оптимальный кислотный режим и pH близка к нейтральной величине, наименьшей – на контроле без удобрений и варианте с органо-минеральными удобрениями, где наиболее кислая реакция среды.

По активности фосфатазы косвенно можно судить об обеспеченности почвы подвижными формами фосфора, хорошо доступными для растений. Несмотря на внесение фосфора с удобрениями этот вариант не является лучшим, так как наименьшая активность фермента установлена на варианте с дефекацией, что указывает на большую сбалансированность круговорота данного элемента. Этот вариант оказался наиболее близким к естественной экосистеме, где активность фосфатазы составила 0,42 мг P₂O₅.

Для подведения своеобразного итога нами определялась токсичность почвы по всхожести семян кресс-салата как индикатора на загрязнение почвы тяжелыми металлами, которые содержатся в удобрениях и дефекации, и редиса – индикатора на остаточные количества пестицидов (табл. 4). Токсичность определяется по всхожести семян и отрастанию корня. Токсичным считается вариант, где эти показатели ниже контроля на 20% и более [10].

Таблица 4. Уровень токсичности чернозема выщелоченного (слой 0–20 см, 2017 г.)

Варианты опыта	Всхожесть		Длина корня	
	кол-во	%	мм	% к контролю
Семена редиса (20 семян)				
Контроль – без удобрений	17	85	72	100
Контроль – органический фон	17	85	115	162
Органический фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16	80	119	206
Органический фон + дефекат	18	90	180	233
Семена кресс-салата (25 семян)				
Контроль – без удобрений	20	80	142	100
Контроль – органический фон	22	88	153	108
Органический фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20	80	151	105
Органический фон + дефекат	23	92	422	202

По редису токсичным для всхожести семян оказался вариант с внесением органо-минеральных удобрений, здесь показатель снизился на 20%, но по длине корня все варианты показали положительный результат: длина корня увеличилась с 62% при внесении только органических удобрений до 106–133% на двух других вариантах. Для кресс-салата по всхожести токсичными являются два варианта – контроль и вариант с внесением органо-минеральных удобрений, несколько лучше выглядит вариант с внесением только органических удобрений. По отрастанию корня эти варианты близки, внесение удобрений практически не увеличило данный показатель, хотя токсичными они не являются. Наилучшие показатели установлены на варианте с дефекатом, где максимальная всхожесть семян той и другой культуры – 90 и 92%, то же отмечено и по длине корня – 233 и 202 мм. Эти данные хорошо отражают тенденции в развитии микробного сообщества и по ферментативной активности, где этот вариант был лучшим. Аналогичные результаты дает сравнение токсичности с содержанием гумуса и величиной Кгнк.

Таким образом, установлены основные закономерности в биологии чернозема выщелоченного в зависимости от применения различных агрохимикатов.

Выявлен процесс уменьшения содержания гумуса в пахотном горизонте изучаемой почвы и изменение Кгнк. Внесение органо-минеральных удобрений резко снизило содержание органического вещества и Кгнк стал меньше единицы, что указывает на приоритет процессов минерализации органического вещества над процессами его образования.

Изменился и состав микробоценоза. Так, при подкислении почвенного раствора на варианте с внесением органических и минеральных удобрений происходит перестройка микробоценоза с уменьшением доли бактерий и актиномицетов и увеличением количества грибов. Аналогичные отрицательные результаты выявлены и для ферментативной активности: снижение активности каталазы и рост фосфатазы. Все это подтверждается результатами определения токсичности почвы.

Показано, что для восстановления этих показателей и рационального использования пахотных черноземов выщелоченных с недонасыщенным кальцием почвенно-поглощающим комплексом необходимо проведение химической мелиорации кальций-содержащим веществом, в частности дефекатом. Кальций дефеката восстанавливает кислотно-основной баланс чернозема выщелоченного и улучшает биологические показатели, что позволяет восстановить и сохранить производительную способность черноземов выщелоченных.

Показатели, характеризующие состояние почвенной биоты и ферментативную активность изучаемой почвы, необходимо использовать для контроля за изменениями почвенно-биотического комплекса в ходе применения различных агрохимикатов, в ходе интенсивной сельскохозяйственной деятельности со всевозрастающими нагрузками на почву.

Библиографический список

1. Агроэкология : учебник ; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – Москва : Колос, 2000. – 536 с.
2. Арчегова И.Б. О биологической сущности почвы / И.Б. Арчегова, В.А. Федорович. – Сыктывкар, 1988. – 36 с.
3. Большаков А.Ф. Водный режим мощных черноземов Среднерусской возвышенности / А.Ф. Большаков. – Москва, 1961. – 200 с.
4. Верзилин В.В. Биология почв среднерусского Черноземья (диагностика и пути решения) : монография / В.В. Верзилин, С.И. Коржов, Н.И. Придворев. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2005. – 247 с.
5. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – Москва : Изд-во МГУ, 1987. – 325 с.
6. Кольцова О.М. Биологическая диагностика состояния чернозема выщелоченного типичной лесостепи / О.М. Кольцова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (32). – С. 7–32.
7. Кольцова О.М. Биология и экология почв : учеб. пособие / О.М. Кольцова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2012. – 107 с.
8. Кольцова О.М. Экологическая оптимизация использования черноземов Воронежской области / О.М. Кольцова, К.Е. Стекольников // Экология ЦЧО РФ. – 1998. – № 1. – С. 6–9.
9. Кононова М.М. Органическое вещество и плодородие почвы / М.М. Кононова // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 6–20.
10. Минеев В.Г. Биотест для определения экологических последствий применения химических средств защиты растений / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе, Л.П. Воронина // Доклады ВАСХНИЛ. – 1991. – № 7. – С. 5–10.
11. Пейве Я.В. Биохимия почв / Я.В. Пейве. – Москва : Сельхозгиз, 1961. – 422 с.
12. Почвенные микроорганизмы как компоненты биоценоза : сборник научных трудов ; под ред. Е.Н. Мишустина. – Москва : Наука, 1984. – 450 с.
13. Тейт III Р. Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты / Р. Тейт III ; пер. с англ. О.Д. Масаловой, Д.С. Орлова. – Москва : Мир, 1991. – 400 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Ольга Михайловна Кольцова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: olga.koltsova.52@mail.ru.

Юрий Иванович Житин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: agrohimi@agronomy.vsau.ru.

Николай Трофимович Павлюк – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 19.11.2018

Дата принятия к печати 22.12.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Olga M. Koltsova – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Chemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: olga.koltsova.52@mail.ru.

Yuriy I. Zhitin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Chemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: agrohimi@agronomy.vsau.ru.

Nikolay T. Pavlyuk – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Plant Breeding, Seed Production and Biotechnology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: selection @agronomy.vsau.ru.

Received November 19, 2018

Accepted December 22, 2018