



МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И РАЗМЕРА ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Чевердин Ю.И., Киценко В.П., (✉) Чевердин А.Ю.

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева

Воронежская область, Россия

(✉) e-mail: cheverdin@bk.ru

Представлены результаты исследований по изучению изменения биологической и ферментативной активности почвы в зависимости от антропогенного влияния и размера почвенных агрегатов. Работа выполнена в 2015–2021 гг. в условиях юго-востока Центрального Черноземья. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный (сегрегационный) среднесиловый среднегумусный тяжелосуглинистый. Объекты исследований – пашня с 1952 г. и залежь, используемая под сенокос с 1882 г. Показано количественное изменение отдельных групп микроорганизмов, определяемое характером воздействия на почвенный покров. Общее количество микроорганизмов как на пашне, так и в черноземах под естественной растительностью было на одном уровне – 40,0 и 39,3 млн КОЕ соответственно. Отмечены существенные различия биологической активности черноземов по отдельным группам структуры микробного ценоза. Выявлено увеличение количества бактерий аммонификаторов в пахотном аналоге в среднем на 30,7%, микромицетов – на 4,4, целлюлозолитиков – на 46,4, нитрификаторов – на 46,9, расчетного коэффициента гумификации – на 45,4%. По другим компонентам микробного ценоза отмечено преимущество залежных степных почв: актиномицетов на 18,5%, минерализаторов гумуса на 11,8%. Показано увеличение активности большинства групп микроорганизмов в структурных отдельностях меньшего размера – 1–5 мм. В более крупных мезоагрегатах численность КОЕ снижается. Наиболее рельефно данная закономерность прослеживается в агрогенно измененных почвах. В почвах, занятых естественной растительностью, отмечена более высокая активность биохимических процессов.

Ключевые слова: чернозем, залежь, пашня, почвенные агрегаты, микробиологическая активность, ферментативная активность

MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF CHERNOZEM DEPENDING ON THE USE AND SIZE OF SOIL AGGREGATES

Cheverdin Yu.I., Kitsenko V.P., (✉) Cheverdin A.Yu.

Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev

Voronezh region, Russia

(✉) e-mail: cheverdin@bk.ru

The results of the studies of changes in biological and enzymatic activity of soils depending on the anthropogenic influence and the size of soil aggregates are presented. The work was carried out in 2015–2021 in the conditions of the south-east of the Central Chernozem region. The soil of the experimental site is ordinary (segregational) medium-sized medium-humus heavy loamy chernozem. The objects of research are long-used arable land and the layland used for haying since 1882. The quantitative change of individual groups of microorganisms, determined by the nature of the impact on the soil cover, is shown. The total number of microorganisms in both arable land and chernozems under natural vegetation was at the same level of 40.0 and 39.3 million CFU, respectively. Signifi-

cant differences in the biological activity of chernozems by individual groups of microbial cenosis structure were noted. An increase in the number of ammonification bacteria on the arable analogue was revealed by an average of 30.7%; micromycetes by 4.4%; cellulolytics by 46.4%; nitrifiers by 46.9%; calculated humification coefficient by 45.4%. According to other components of microbial cenosis, the advantage of layland steppe soils is noted: actinomycetes by 18.5%; humus mineralizers by 11.8%. An increase in the activity of most groups of microorganisms was shown in the smaller structural units of 1-5 mm. In larger mesoaggregates, CFU numbers tend to decrease. This pattern is most clearly traced in agrogenically altered soils. In the soils occupied by natural vegetation, there is a higher activity of biochemical processes.

Keywords: chernozem, layland, arable land, soil aggregates, microbiological activity, enzymatic activity

Для цитирования: Чевердин Ю.И., Киценко В.П., Чевердин А.Ю. Микробиологическая активность чернозема в зависимости от характера использования и размера почвенных агрегатов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 4. С. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-1>

For citation: Cheverdin Yu.I., Kitsenko V.P., Cheverdin A.Yu. Microbiological activity of chernozem depending on the use and size of soil aggregates. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-4-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Черноземы – основные фоновые почвы Центрально-Черноземной зоны – обладают высоким природным плодородием. Длительное сельскохозяйственное использование приводит к изменению их свойств и качества: в первую очередь трансформируются агрохимические и агрофизические параметры пахотного слоя почвы. В результате интенсивного агрогенного воздействия существенным образом изменяются плотность сложения, структурный и гранулометрический состав, микроагрегатное состояние, биологическая активность, продуктивность пашни и другие показатели [1–5].

Более высокая урожайность культур формируется при оптимальных показателях плотности почвы [6]. Регулирование плодородия почвы затрагивает многие аспекты. Радикальным и быстрым действенным средством повышения обеспеченности растений элементами минерального питания является применение минеральных удобрений [7]. Их внесение снижает негативные риски, связанные с засухой, что особенно актуально в степных регионах России с недостаточным увлажнением [8].

Показатели физического состояния, в свою очередь, определяют направленность и течение почвенных процессов, отвечающих за химические, физико-химические, микробиологические аспекты плодородия. Повышение плотности почвы может служить сдерживающим фактором их биологической активности [9, 10]. Структурно-агрегатное состояние находится в тесной взаимосвязи с содержанием гумуса почвы [11]. Рядом авторов отмечается изменение микробиологической активности, показателей плодородия в зависимости от структурного состояния почвы [12, 13].

Цель исследования – изучить изменение структуры микробного ценоза чернозема в зависимости от размера почвенных агрегатов в результате агрогенного воздействия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Воронежском федеральном аграрном научном центре им. В.В. Докучаева в течение 2015–2022 гг. Объекты исследований – залежь с 1882 г. и пахотный участок с 1952 г. Участок залежи используют для ежегодного сенокошения на протяжении 140 лет, пахотный аналог –

в зернопропашном севообороте. Обработка почвы – вспашка на глубину 20–22 см. Почва – чернозем обыкновенный среднеспелый на тяжелых карбонатных суглинках. Содержание гумуса: залежь – 10,2%, пашня – 6,7%, рН водной вытяжки 6,8–7,2. Количество обменного кальция составляет 30–32 ммоль (экв.)/100 г почвы, магния – 5–7 ммоль (экв.)/100 г. В годы проведения исследований складывались благоприятные условия увлажнения. Количество осадков за год составило более 500 мм при среднемноголетнем значении 430 мм.

Микробиологическую активность определяли по методике¹, бактерии аммонификаторы – посевом на мясопептонном агаре (МПА), бактерии, использующие минеральные формы азота, и актиномицеты – на крахмал-аммиачном агаре (КАА). Для оценки количества азотобактера использовали почвенные пластины. Численность нитрифицирующих бактерий оценивали при посеве на выщелоченном агаре, минерализаторов гумуса – на нитратном агаре.

Ферментативная активность почвы: активность каталазы определяли по методу Джонсона и Темпле, инвертазы – по методу В.Ф. Куревича, уреазы – по методу А.Ш. Галстяна и

модификации Ф.Х. Хазиева на фотоэлектроколориметре КФК-2-УХЛ4.2, фосфатазы – по методу Ф.Х. Хазиева на КФК-2-УХЛ4.2².

Структуру микробного ценоза устанавливали в свежих образцах. Непосредственно в полевых условиях почвенные образцы рассеивали на фракции 1–2, 2–3, 3–5, 5–10 и более 10 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенных исследований можно констатировать существенное различие в структуре микробного ценоза в зависимости от размера почвенных частиц. Наиболее заметные различия характерны для пахотных почв. Максимальное количество общей численности микроорганизмов отмечено в агрегатах с минимальным размером 1–2 мм – 43,1 млн КОЕ (см. табл. 1). Увеличение размера почвенных частиц до 10 мм и более приводит к снижению общей численности микроорганизмов до 37,0 млн КОЕ.

На черноземах залежи, используемой для сенокоса, общее количество микроорганизмов по фракциям варьировало в меньшей степени – в пределах 38,2–40,8 млн КОЕ. Исключением служили частицы размером 5–10 мм с численностью 37,8 млн КОЕ.

Табл. 1. Структура микробного ценоза (2015–2021 гг.)

Table 1. Structure of microbial cenosis (2015–2021)

Вариант	Размер почвенных частиц, мм	Общее количество	МПА	КАА	Актиномицеты	Минерализаторы гумуса	Микромицеты	Целлюлозолитики	Нитрификаторы	Коэффициент гумификации Пм
		млн КОЕ					тыс. КОЕ			
Пашня с 1952 г.	1–2	43,1	10,3	17,9	2,69	12,1	24,8	64,7	0,47	16,4
	2–3	41,7	10,4	18,1	2,84	10,3	24,2	65,1	0,47	16,6
	3–5	36,1	8,7	15,5	2,29	9,5	24,4	61,3	0,47	13,7
	5–10	42,1	10,5	17,3	2,99	11,3	26,0	57,5	0,45	17,1
	>10	37,0	9,2	17,0	2,94	7,9	30,0	68,5	0,50	14,7
Залежь с 1882 г.	1–2	38,2	7,7	17,4	3,09	10,1	24,0	36,9	0,34	11,0
	2–3	40,8	7,0	18,1	3,48	12,3	25,5	43,2	0,33	9,7
	3–5	40,1	7,4	18,3	3,20	11,3	23,7	44,2	0,30	10,4
	5–10	37,8	7,8	15,9	2,93	11,2	23,5	45,5	0,34	11,7
	>10	39,4	7,6	15,9	3,59	12,2	27,1	46,8	0,32	11,2
НСР _{0,95}		0,25	0,12	0,32	0,08	0,51	0,22	0,92	0,03	

¹Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2005. 256 с.

²Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

Необходимо отметить общую закономерность – увеличение всех групп структуры микробного ценоза в почвенных агрегатах меньшего размера. Существенный вклад в иммобилизацию органического углерода вносили микроорганизмы аммонификаторы, произрастающие на мясопептонном агаре (МПА). Более высокое их количество отмечено в агрогенно преобразованных почвах – от 8,7 до 10,5 млн КОЕ/г почвы (см. табл. 1). В залежном участке чернозема обыкновенного количество аммонификаторов варьировало в более узких пределах – 7,0–7,8 млн КОЕ. Можно отметить близкие показатели для почвенных агрегатов независимо от их размера.

В реутилизации минеральных форм азота активное участие принимали микроорганизмы, произрастающие на крахмало-аммиачном агаре. Более высокие показатели активности амилаolitikов отмечены в мезоагрегатах размером 1–5 мм как на залежи, так и в пахотном аналоге. Количество микроорганизмов, произрастающих на КАА под естественной растительностью, в этом случае варьировало в пределах 17,4–18,3 млн КОЕ. На пашне отмечены близкие величины – от 17,9 до 18,1 млн КОЕ. Следует отметить более низкую активность данной группы микроорганизмов в почвенных агрегатах с увеличением их размера.

Расчетный коэффициент трансформации органического вещества $P_m = (МПА + КАА) \times (МПА/КАА)$, отражающий процессы гумусоаккумуляции, более высокие значения имел на черноземах, подверженных антропогенному воздействию, – 13,7–17,1. В почвах залежи косимой значения коэффициента P_m были существенно ниже – 9,7–11,2. Более высокие значения данного коэффициента на пашне характерны для агрономически ценных фракций. Таким образом, при распашке почв и оптимизации физического состояния с доминированием фракции меньших размеров усиливаются процессы гумусоаккумуляции.

Минерализаторы гумуса более высокую численность имели в черноземе залежного участка – 10,1–12,3 млн КОЕ. Пахотные аналоги несколько уступали по этому показателю. Более высокие значения характерны для фракции агрономически ценных агрегатов – от 9,5

до 12,1 млн КОЕ. Следует подчеркнуть, что бактерии, отвечающие за процессы минерализации органического вещества, максимальную активность имели в пахотных почвах во фракциях минимального размера (1–2 мм), постепенно снижаясь при увеличении размера агрегатов. В залежных почвах, наоборот, отмечено снижение активности с увеличением размера почвенных частиц.

Бактериям нитрификаторам принадлежит существенная роль в стабилизации почвенного плодородия. В почвах залежи их фоновая активность несколько уступала пахотным аналогам. Количество нитрификаторов в почвах косимой залежи составило 0,30–0,34 тыс. КОЕ. При распашке вследствие активизации микробиологических процессов их количество увеличивалось до 0,45–0,50 тыс. КОЕ. При этом в почвах пашни активность нитрификаторов была близкой между фракциями. Исключением служила глыбистая часть структурных отдельностей с максимальным их количеством. В залежных аналогах активность нитрификаторов практически не зависела от размера частиц. Можно отметить незначительную флуктуацию от средней величины.

Более высокое содержание актиномицетов выявлено в залежных почвах – 3,09–3,59 млн КОЕ. Распашка привела к заметному снижению данной группы микроорганизмов – до 2,29–2,99 млн КОЕ. В этом случае не отмечено четкой закономерности изменения активности актиномицетов в зависимости от размера мезоагрегатов. На пашне максимальное содержание микроорганизмов отмечено в агрегатах размером 5–10 мм и более – 2,94–2,99 млн КОЕ. В черноземах залежи четкой закономерности не выявлено.

Важная роль в деструкции целлюлозы принадлежит бактериям целлюлозолитикам. Более высокие общие фоновые значения их свойственны пахотным почвам: варьирование на уровне 57,5–68,5 тыс. КОЕ. В почвах залежи их активность существенно ниже – на уровне 36,9–46,8 тыс. КОЕ. Характер активности целлюлозолитиков в зависимости от величины почвенных агрегатов имел свои особенности по различным угольям. На пашне отмечена более высокая численность их в

агрегатах 1–3 мм и в глыбистой части почвенной фракции более 10 мм. В залежной почве с увеличением размера агрегатов активность бактерий целлюлозолитиков растет.

Грибная микрофлора относится к группе микроорганизмов, отвечающих за глубокую деструкцию органического вещества. Более высокие показатели фонового количества микромицетов отмечены на пахотных черноземах – 24,2–30,0 тыс. КОЕ/г почвы. В залежных почвах выявлено снижение их активности до 23,7–27,1 тыс. КОЕ. Отмечены близкие значения численности актиномицетов в агрономически ценных фракциях залежи и пашни. Максимальная активность характерна для глыбистых частиц.

Ферментативная активность – важное свойство почвы. Нами проведена оценка изменения активности уреазы, фосфатазы, инвертазы и каталазы.

По активности каталазы преимущество имели черноземы залежного участка. Она варьировала в интервале 5260–6238 мг NH_3 /100 г почвы (см. табл. 2). Распашка снижала ее активность до 4600–4812 мг NH_3 . Можно отметить общую закономерность снижения каталазной активности с увеличением размера почвенных частиц.

Такой же характер влияния использования угодий свойствен и для фосфатазной активности. На залежи она отмечена на уровне 122,5–160,0 мг глюкозы/100 г почвы, в черноземе пашни – 44,0–92,5 мг глюкозы/100 г.

При этом большие значения выявлены с увеличением размера мезоагрегатов.

Уреаза относится к ферментам, участвующим в превращении белков. Аммиак, образующийся в результате уреазной активности, служит источником повышения плодородия почв. Более высокая активность уреазы отмечена в почвах косимой залежи – 268–354 мг фенолфталеина/100 г почвы. Распашка черноземов вызывает существенное, практически в 2 раза, снижение уреазной активности – до 148–174 мг фенолфталеина/100 г. Как на залежи, так и на пашне отмечено повышение концентрации уреазы в агрегатах больших линейных размеров.

В реакциях трансформации гумусовых веществ активное участие принимают ферменты класса оксигидролаз, к которым относится каталаза. По нашим данным, более высокая каталазная активность отмечена в пахотном черноземе с варьированием от 20,45 до 23,75 O_2 за 3 мин. В почвах залежного степного участка она несколько ниже – на уровне 18,75–20,30 O_2 за 3 мин. Выявлена слабо выраженная тенденция снижения активности этого фермента по мере роста размера почвенных фракций, особенно отчетливо заметная в черноземе залежи.

Физические параметры сложения относятся к основным показателям почвенного плодородия. В результате агрогенного воздействия изменяются показатели структурно-агрегатного состояния черноземов. Раз-

Табл. 2. Ферментативная активность почвы

Table 2. Soil enzymatic activity

Вариант	Размер почвенных частиц, мм	Инвертаза, мг NH_3 /100 г почвы	Уреаза, мг фенолфталеина/100 г почвы	Фосфатаза, мг глюкозы/100 г почвы	Каталаза, O_2 за 3 мин
Пашня с 1952 г.	1–2	4812	148	44,0	22,25
	2–3	4910	152	47,5	20,75
	3–5	4600	152	66,0	20,45
	5–10	4750	174	90,0	23,75
	>10	4812	160	92,5	23,05
Залежь с 1882 г.	1–2	6238	268	122,5	20,3
	2–3	6180	332	137,5	19,85
	3–5	5710	334	145,0	19,95
	5–10	5600	354	160,0	19,3
	>10	5260	276	147,5	18,75

мер почвенных агрегатов относится к ведущим факторам, определяющим численность и интенсивность почвенно-биологических процессов³. В мелких агрегатах более интенсивно происходит трансформация сложных органических соединений за счет большей численности микроорганизмов углеродного цикла.

Агрегатные фракции мелкого размера отличаются большими показателями разнообразия⁴. Увеличение линейных размеров структурных отдельностей приводит к повышению выделения закиси азота, созданию анаэробных условий и негативному влиянию на биологические процессы⁵. Причиной формирования анаэробии в агрегате являются физические процессы набухания – усадки агрегатов, которые способствуют практически постоянному поддержанию в агрегатах недостатка воздуха⁶.

ВЫВОДЫ

1. Распашка и интенсивное сельскохозяйственное использование черноземов приводят к изменению физических параметров плодородия и направленности биологических и биохимических почвенных процессов. Биологическая активность напрямую связана с характером использования угодий. Отмечено максимальное количество основных групп микроорганизмов в структурных отдельностях мезоагрегатов, относящихся к агрономически ценным фракциям. С увеличением размера почвенных частиц активность почвенной микрофлоры существенно снижается. Применение агротехнических приемов, направленных на улучшение структурного состояния пахотных почв, оптимизацию соотношения сложения мезоагрегатов черноземов при распашке, может служить приемом улучшения плодородия почв.

2. Количество аммонификаторов увеличивается в структурных отдельностях меньшего размера (1–3 мм) агрогенно-преобразованных почв. Вариант залежи в этом отношении более консервативный с меньшей численностью рассматриваемых бактерий независимо от размера фракций.

3. Максимальная численность почвенных бактерий амилотитиков (КАА) характерна для агрегатов размером от 1 до 5 мм. Как в черноземе пашни, так и на залежи размеры их были примерно одного порядка.

4. Достоверно большее количество актиномицетов отмечено в почвах залежи. Максимальные величины свойственны глыбистой части структурных отдельностей. Можно предположить, что в обрабатываемых почвах ряд процессов проходит быстрее.

5. По количеству минерализаторов гумуса в обрабатываемых почвах преимущество имеют структурные фракции в интервале 1–3 мм. На залежи в зависимости от размера фракций различий не установлено, что указывает на тождественность процессов минерализации во всех фракциях.

6. Максимальное количество микромицетов выявлено в глыбистой части структурных отдельностей. Это связано с высокой чувствительностью почвенной грибной микрофлоры к аэрации.

7. Фосфатаза, инвертаза, уреазы имеют более высокую активность в почвах, занятых естественной растительностью. По активности каталазы преимуществом обладают почвы агроценоза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В. Информативность численности сапротрофных бактерий, актиномицетов и микромицетов при оценке состояния агрогенно-измененных почв суб-

³Василенко Е.С., Кутовая О.В., Тхакахова А.К., Мартынов А.С. Изменение численности микроорганизмов в зависимости от величины агрегатов гумусового горизонта миграционно-мицелярного чернозема // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2014. № 73. С. 150–173.

⁴Иванова Е.А., Кутовая О.В., Тхакахова А.К., Чернов Т.И., Перишина Е.В., Маркина Л.Г., Андронов Е.Е., Козут Б.М. Структура микробного сообщества агрегатов чернозема типичного в условиях контрастных вариантов сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1367–1382. DOI: 10.7868/S0032180X15110088.

⁵Степанов А.Л., Манучарова Н.А., Полянская Л.М. Продукция закиси азота бактериями в почвенных агрегатах // Почвоведение. 1997. № 8. С. 973–976.

⁶Шейн Е.В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. № 1. С. 53–61.

- тропической зоны России // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 2. С. 36–42. DOI: 10.26178/AE.2020.87.94.001.
2. Завалишин С.И., Карелина В.С. Оценка биохимического потенциала и показателей плодородия дерново-подзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом лесостепной зоны Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (172). С. 60–65.
 3. Гребенников А.М., Белобров В.П., Кутюва О.В., Исаев В.А., Гармашов В.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А. Микробиологическая активность миграционно-мицелярных агрочерноземов при применении разных способов их основной обработки // Агрохимия. 2018. № 3. С. 19–25. DOI: 10.7868/S0002188118030031.
 4. Лукьянов В.А., Прущик И.А. Плотность и твердость чернозема типичного на фоне разных агротехнологий и способов обработки почвы // Пермский аграрный вестник. 2022. № 4 (40). С. 29–37. DOI: 10.47737/2307-2873_2022_40_29.
 5. Чуян О.Г., Глазунов Г.П., Караулова Л.Н., Митрохина О.А., Афонченко Н.В., Золотухин А.Н., Двойных В.В. Оценка роли климатических, почвенных и агротехнических факторов в формировании ресурсов продуктивности агроландшафтов Центрального Черноземья // Метеорология и гидрология. 2022. № 6. С. 79–87. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-6-79-87.
 6. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В., Морозов А.Н., Шумаков А.В. Влияние способов основной обработки на агрофизические свойства почвы, урожайность и качество сои // Земледелие. 2022. № 2. С. 43–48. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-43-46.
 7. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его регулирования // Агрохимия. 2020. № 6. С. 3–13. DOI: 10.31857/S0002188120060125.
 8. Ушаков Р.Н., Ручкина А.В. Влияние плодородия агросерой почвы на активность микрофлоры в условиях засухи в Нечерноземной зоне России // Агрохимия. 2020. № 6. С. 69–77. DOI: 10.31857/S0002188120060137.
 9. Гедгафова Ф.В., Горобцова О.Н., Улигова Т.С., Темботов Р.Х., Хакунова Е.М. Оценка изменения биологической активности горных серых лесных почв Центрального Кавказа (Терский вариант поясности в пределах Кабардино-Балкарии) в результате агроиспользования // Агрохимия. 2019. № 4. С. 23–30. DOI: 10.1134/S0002188119040069.
 10. Ефимов О.Е., Савич В.И., В.В. Гукалов В.В., Бородин К.С. Агроэкологическая оценка уплотнения почв // Плодородие. 2021. № 1. С. 54–56. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.15.
 11. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Взаимосвязь содержания органического углерода и структурного состояния в черноземе типичном под различными угодьями // Плодородие. 2020. № 5. С. 7–10. DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.02.
 12. Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Фархадов Ю.Р., Белобров В.П., Юдин С.А., Айди-ев А.Я., Лазарев В.И., Фрид А.С. Изменение соотношения фракций агрегатов в гумусовых горизонтах черноземов в различных условиях землепользования // Почвоведение. 2019. № 2. С. 184–193. DOI: 10.1134/S0032180X19020060.
 13. Железова А.Д., Тхакахова А.К., Ярославцева Н.В., Гарбуз С.А., Лазарев В.И., Козут Б.М., Кутюва О.В., Холодов В.А. Микробиологические показатели агрегатов типичных черноземов в многолетних полевых опытах // Почвоведение. 2017. № 6. С. 711–717. DOI: 10.7868/S0032180X17060120.
- ## REFERENCES
1. Malyukova L.S., Rogozhina E.V. Informativity of the number of saprotrophic bacteria, actinomycetes and micromycetes in assessing the condition of agro-altered soils in the subtropical zone of Russia. *Problemy agrokhimii i ekologii = Agrochemistry and Ecology Problems*, 2020, no. 2, pp. 36–42. (In Russian). DOI: 10.26178/AE.2020.87.94.001.
 2. Zavalishin S.I., Karelina V.S. Assessment of the biochemical potential and fertility indicators of sod-podzolic soils with the second humus horizon of the forest-steppe zone of the Altai Territory. *Vestnik altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 2 (172), pp. 60–65. (In Russian).
 3. Grebennikov A.M., Belobrov V.P., Kutovaya O.V., Isaev V.A., Garmashov V.M., Cheverdin Yu.I., Bepalov V.A. Microbiological activity of migration-micellar agrochernozems when using different methods of their main processing. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2018, no. 3. pp. 19–25. (In Russian). DOI: 10.7868/S0002188118030031.

4. Lukyanov V.A., Pruschik I.A. Density and hardness of typical chernozem on the background of different agricultural technologies and methods of tillage. *Permskij agrarnyj vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2022, no. 4 (40), pp. 29–37. (In Russian). DOI: 10.47737/2307-2873_2022_40_29.
5. Chuyan O.G., Glazunov G.P., Karaulova L.N., Mitrokhina O.A., Afonchenko N.V., Zolotukhin A.N., Dvoynikh V.V. Assessing the role of climatic, soil and agrotechnical factors in the formation of landscape productivity resources in the Central Chernozem region. *Meteorologiya i gidrologiya = Russian Meteorology and Hydrology*, 2022, no. 6, pp. 79–87. (In Russian). DOI: 10.52002/0130-2906-2022-6-79-87.
6. Dubovik D.V., Dubovik E.V., Morozov A.N., Shumakov A.V. Influence of tillage methods on soil agrophysical properties, soybean yield and quality. *Zemledelie = Zemledelie*, 2022, no. 2, pp. 43–48. (In Russian). DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-43-46.
7. Sychev V.G., Shafran S.A., Vinogradova S.B. Soil fertility in Russia and ways of its regulation. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 6, pp. 3–13. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188120060125.
8. Ushakov R.N., Ruchkina A.V. Influence of agrogray soil fertility on microflora activity in the conditions of drought in the Non-Chernozem zone of Russia. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 6, pp. 69–77. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188120060137.
9. Gedgafova F.V., Gorobtsova O.N., Uligova T.S., Tembotov R.Kh., Khakunova E.M. Changes in the biological activity of mountain gray forest soils of the Central Caucasus (Terskiy variant of vertical zonation within Kabardino-Balkaria) resulting from agricultural use. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 4, pp. 23–30. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119040069.
10. Efimov O.E., V.I. Savich V.I., Gukalov V.V. Borodina K.S. Agroecological evaluation of soil compaction. *Plodorodie = Plodorodie*, 2021, no. 1, pp. 54–56. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.15.
11. Dubovik E.V., Dubovik D.V. Correlation between organic carbon content and structural condition in typical chernozem soil of different agricultural lands. *Plodorodie = Plodorodie*, 2020, no. 5, pp. 7–10. (In Russian). DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.02.
12. Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Farkhodov Yu.R., Belobrov V.P., Yudin S.A., Aidiev A.Ya., Lazarev V.I., Fried A.S. Changes in the ratio of aggregate fractions in humus horizons of chernozems in response to the type of their use. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2019, no. 2, pp. 184–193. (In Russian). DOI: 10.1134/S0032180X19020060.
13. Zhelezova A.D., Tkachkova A.K., Yaroslavtseva N.V., Garbuz S.A., Lazarev V.I., Kogut B.M., Kutovaya O.V., Kholodov V.A. Microbiological parameters of aggregates in typical chernozems of long-term field experiments. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2017, no. 6, pp. 711–717. (In Russian). DOI: 10.7868/S0032180X17060120.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чевердин Ю.И., доктор биологических наук, заведующий отделом; e-mail: cheverdin62@mail.ru

Киценко В.П., заведующий отделом

✉ **Чевердин А.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 397463, Воронежская область, Таловский район, пос. 2-го участка Института им. Докучаева; e-mail: cheverdin@bk.ru

AUTHOR INFORMATION

Yury I. Cheverdin, Doctor of Science in Biology, Department Head; e-mail: cheverdin62@mail.ru

Vladimir P. Kitsenko, Department Head

✉ **Alexander Yu. Cheverdin**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** settlement of the 2-nd plot of the Institute n.a. Dokuchaev, Talovsky District, Voronezh Region, 397463, Russia; e-mail: cheverdin@bk.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.10.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 13.12.2022
Дата публикации / Published 22.05.2023