Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Махаева Наталья Юрьевна
Должность: Проректор по учебной и воспитательной работе, молодежной политике "ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ"
Дата подписания: 02.02.2024 11:01:58
Уникальный программный ключ:
fa349ae3f25a45643d89cbf1f1572d4ea1b48ae8

Научная статья
УДК 631.5:631.42/.45
doi:10.35694/YARCX.2022.58.2.001

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Александр Михайлович Труфанов[1], Сергей Владимирович Щукин[2], Александр Николаевич Воронин[3]
[1, 2, 3]Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, Ярославль, Россия
[1]a.trufanov@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-8815-2441
[2]s.shhukin@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-9718-9273
[3]voronin@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-9924-9142

Реферат. Современное агротехническое воздействие на почву обусловливает необходимость оценки его простыми и объективными показателями, среди которых широкое распространение получает биотестирование (биоиндикация). В 2020 году в многолетнем полевом опыте были проведены исследования, устанавливающие характер воздействия основных элементов технологий возделывания – систем обработки почвы и удобрений на состояние почвы с использованием биоиндикационных методов в посеве многолетних трав. С помощью общепринятых методов были изучены такие свойства дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почвы, как общая фитотоксичность, численность полезной фауны (дождевых червей и жуков-жужелиц), целлюлозолитическая активность почвенной микробиоты. Установлено, что повышению показателей развития тест-объекта, а значит снижению токсических свойств дерново-подзолистой почвы, способствовало совместное применение соломы с NPK на поверхностно-отвальной обработке, при этом использование ежегодной поверхностной обработки повышало токсичность почвы, особенно при отсутствии удобрений и внесении соломы. Численность хищных жужелиц была наибольшей (на 2,7%), чем на отвальной и поверхностной обработках. Применяемые системы удобрений не проявили токсического эффекта на популяцию хищных жужелиц – наблюдалось увеличение их численности на всех вариантах в сравнении с неудобренным фоном: на 10,7% – при использовании NPK, на 14,9% – при использовании соломы и на 19,6% – при совместном применении соломы с NPK. Поверхностно-отвальная система обработки также привела к наибольшему количеству червей – 89,8 шт./м^2. Поступление органического вещества соломы обеспечило повышение численности дождевых червей на вариантах с её внесением на 3,1% по сравнению с фоном без удобрений, такая же тенденция наблюдалась и при внесении NPK. Применение поверхностно-отвальной системы основной обработки почвы способствовало и увеличению показателя активности разложения целлюлозы на 1,3–1,5%. Из систем удобрений повышению целлюлозоразлагающей активности способствовало применение NPK как отдельно (на 3,1%), так и совместно с соломой (на 1,6%) по сравнению с фоном без удобрений. Наиболее целесообразным является использование комбинированной поверхностно-отвальной обработки при внесении соломы с NPK или отдельном внесении NPK.

Ключевые слова: *биотестирование, биоиндикация, плодородие почвы, обработка почвы, удобрения, токсичность почвы, почвенная фауна, целлюлозоразлагающая активность почвы, технологии возделывания, ресурсосбережение*

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF CULTURAL PRACTICES ON SOIL CONDITION BY BIOTESTING METHOD

Aleksandr M. Trufanov[1], Sergey V. Shchukin[2], Aleksandr N. Voronin[3]
[1, 2, 3]Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl, Russia
[1]a.trufanov@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-8815-2441
[2]s.shhukin@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-9718-9273
[3]voronin@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-9924-9142

Abstract. The modern agrotechnical impact on the soil makes it necessary to assess it with simple and objective indicators, among which biotesting (bioindication) is widespread. In 2020, in a long-term heard trial, studies were carried out that establish the nature of the impact of the main elements of cultivation technologies – tillage systems and fertilizers on the soil condition using bioindication methods in the sowing

of perennial grasses. With the help of generally accepted methods, such properties of soddy-podzolic gleyic middle loamy soils as general phytotoxicity, abundance of useful fauna (earthworms and ground beetles), cellulosolytic activity of soil microbiota were studied. It was established that the joint use of straw with NPK in surface-moldboard tillage contributed to an increase in the development indicators of the test object which means a decrease in the toxic properties of soddy-podzolic soil, while the use of annual surface tillage increased soil toxicity, especially in the absence of fertilizers and straw application. The number of predatory ground beetles was the greatest (by 2.7%) than in moldboard and surface tillage. The applied fertilizer systems showed no toxic effect on the population of predatory ground beetles – there was an increase in their number in all variants compared to an nonfertilized ground: by 10.7% – when using NPK, by 14.9% – when using straw and by 19.6% – when using straw with NPK. The surface-moldboard tillage system also led to the largest number of worms – 89.8 pcs./m^2. The supply of organic straw matter ensured an increase in the number of earthworms on variants with its application by 3.1% compared to the background without fertilizers, the same trend was observed when NPK was applied. The use of the surface-moldboard tillage system also contributed to an increase in the activity of cellulose decomposition by 1.3–1.5%. Of the fertilizer systems, the use of NPK both separately (by 3.1%) and together with straw (by 1.6%) compared to the background without fertilizer contributed to an increase in cellulose- decomposing activity. It is most advantageous to use a combined surface-moldboard tillage when applying straw with NPK or a separate NPK application.

Keywords: *biotesting, bioindication, soil fertility, tillage, fertilizers, soil toxicity, soil fauna, cellulose-decomposing activity of soil, cultivation technologies, resource saving*

Введение. Почва – единый, живой организм, который реагирует на все внешние раздражения [1].

Интенсивное воздействие на почвы делает антропогенный фактор ведущим и может нарушать динамическое равновесие почвенных процессов. Это ведёт к изменению устойчивости почвенных систем и может иметь серьёзные экологические последствия. В связи с этим возникает необходимость оценки и мониторинга их экологического состояния и разработки критериев нормирования антропогенной нагрузки на почвы [2].

Для экспресс-диагностики состояния, хозяйственной пригодности почвы и её продуктивности широко используют диагностические показатели по реакции проростков семян тест-растений, которые позволяют быстро оценить фитотоксические свойства почвы, влияние на них агротехники возделывания [3].

В сельскохозяйственном производстве Верхневолжья при разработке технологий возделывания особое внимание для сохранения плодородия почвы уделяется проблеме совершенствования обработки почвы, особенно в сочетании с применением удобрений [4; 5].

Однако при использовании как традиционных, так и экологических агротехнологий необходима комплексная оценка состояния почвы [6; 7].

В связи с этим, целью исследований было провести оценку агротехнических приёмов (систем обработки почвы и удобрений) с точки зрения их воздействия на почву, используя методы биотестирования и биоиндикации.

Методика. Экспериментальная работа проводилась в 2020 году в многолетнем стационарном полевом опыте, заложенном в 1995 году на опытном поле ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве. Опыт заложен методом расщеплённых делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях. Повторность опыта четырёхкратная.

Схема трёхфакторного опыта: система основной обработки почвы (отвальная, поверхностная с рыхлением, поверхностно-отвальная, поверхностная); система удобрений (без удобрений, N_{30}, солома 3 т/га, солома 3 т/га + N_{30}, солома 3 т/га + $N_{154}P_{14}K_{150}$, $N_{154}P_{14}K_{150}$), система защиты растений от сорняков (без гербицидов, с гербицидами – в 2020 году последействие). В данной статье приводятся результаты по трём системам обработки почвы – отвальной, поверхностно-отвальной, поверхностной – и по четырём системам удобрений – без удобрений, солома, солома + NPK, NPK, по фону без применения гербицидов. В опыте используется чередование культур во времени: в 2020 году исследования проводились в посеве многолетних трав второго года пользования (клевер сорта Дымковский, тимофеевка сорта Ленинградская 204).

Использованные методики: определение общей токсичности почвы проводилось по методу почвенных пластинок (биотестирования, тест-объект – озимая рожь), биологической (целлюлозоразлагающей) активности почвы – методом аппликации, учёт численности дождевых червей – методом отмучивания (раскопок), жужелиц – ловушкой Барбера.

По метеорологическим условиям период вегетации 2020 года отличался от среднемноголетних данных по характеру увлажнения – количество осадков было выше на 16–62%, в зависимости

от месяца, а по температурным показателям был близок к многолетним наблюдениям. В целом погодные условия были удовлетворительными.

Результаты. В современных условиях широкое распространение получают методы биотестирования, основанные на ответной реакции живых организмов на негативное воздействие, способные давать достоверную информацию о качестве компонентов окружающей среды, в том числе почв [8; 9].

В результате проведённой оценки пахотного слоя почвы 0–20 см методом биотеста было установлено повышение токсических свойств дерново-подзолистой почвы по сравнению с выращиванием тест-объекта на фильтровальной бумаге, однако это проявлялось только по показателю всхожести (табл. 1).

Стоит отметить, что всхожесть увеличивалась на вариантах применения поверхностно-отвальной обработки почвы как в сравнении с отвальной, так и в сравнении с поверхностной, при максимуме на фоне применения вариантов удобрений с NPK – 58,0% и соломы с NPK – 59,1%, где были обнаружены существенные различия. Применение поверхностной системы обработки почвы практически на всех вариантах удобрений снижало показатель всхожести, особенно при внесении соломы – по сравнению с отвальной обработкой снижение составило 5,1%. На отвальной и поверхностно-отвальной системах обработки почвы минимальной всхожести способствовал контрольный вариант удобрений – 49,7 и 50,5% соответственно, что говорит об отсутствии токсического влияния соломы при заделке её на данных вариантах обработки почвы. Другие показатели развития тест-объекта имели схожую динамику. Так, длина проростка хоть и не имела существенных различий по изучаемым факторам, однако характеризовалась максимальным значением на фоне применения соломы с NPK при поверхностно-отвальной обработке почвы – 7,0 см, что было выше соответствующего фона питания отвальной обработки на 7,7%, поверхностной – на 6,1%, минимальные значения длины проростка отмечались на фоне без удобрений всех систем обработки почвы (от 5,9 см на поверхностной до 6,6 см – на поверхностно-отвальной). Длина корней тест-культуры существенно снижалась на поверхностной системе обработки почвы при отсутствии удобрений в сравнении с отвальной и поверхностно-отвальной обработками, остальные варианты удобрений также имели динамику снижения показателя, однако применение всех систем удобрений на поверхностной обработке достоверно повышало длину корней по сравнению с фоном без удобрений.

Карабидофауна также является удобным фактором биоиндикации состояния почв [10].

Таблица 1 – Биологические свойства почвы

Вариант		Общая токсичность			Численность жужелиц, шт. / 10 ловушко-суток	Численность дождевых червей в почве, шт./м^2	Целлюлозоразлагающая активность почвы, % разложения полотна
система обработки почвы, «О»	система удобрений, «У»	всхожесть тест-культуры, %	длина проростка тест-культуры, см	длина корней тест-культуры, см			
Отвальная, «$О_1$»	без удобрений, «$У_1$»	49,7	6,1	6,5	17,4	81,9	21,7
	солома 3 т/га, «$У_3$»	51,5	6,4	7,1	19,4	98,6	22,9
	солома + NPK, «$У_5$»	54,4	6,5	7,2	17,8	84,6	30,7
	NPK, «$У_6$»	53,2	6,5	6,9	19,5	85,3	35,3
Поверхностно-отвальная, «$О_3$»	без удобрений, «$У_1$»	50,5	6,6	6,5	15,7	78,5	32,2
	солома 3 т/га, «$У_3$»	51,7	6,7	7,0	20,1	90,2	29,4
	солома + NPK, «$У_5$»	59,1	7,0	7,3	21,5	75,0	24,5
	NPK, «$У_6$»	58,0	6,8	7,2	18,7	109,6	29,9
Поверхностная, «$О_4$»	без удобрений, «$У_1$»	50,9	5,9	6,0	17,2	90,7	27,1
	солома 3 т/га, «$У_3$»	46,4	6,1	6,8	18,3	70,1	27,2
	солома + NPK, «$У_5$»	51,6	6,6	6,9	20,9	86,8	30,6
	NPK, «$У_6$»	49,6	6,4	7,0	17,5	72,8	25,0
$НСР_{05}$ по обработкам		$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	0,5	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$
$НСР_{05}$ по удобрениям		6,8	$F_ф < F_{05}$	0,8	4,6	$F_ф < F_{05}$	8,4

Наши исследования подтверждают связь показателей токсичности почвы и численности жужелиц: в 2020 году была обнаружена существенная положительная корреляционная связь показателей длины проростка ($r = 0,58$, $r^2 = 0,33$, $p = 0,049$) и длины корней ($r = 0,60$, $r^2 = 0,36$, $p = 0,041$) с численностью жужелиц.

В целом, численность хищных жужелиц в посеве многолетних трав в 2020 году изменялась незначительно, за исключением варианта применения соломы с NPK на поверхностно-отвальной обработке, когда показатель был существенно больше фона без удобрений на данной обработке почвы и составил 21,5 шт. / 10 ловушко-суток, что было больше одноимённого фона питания на отвальной обработке на 20,8%, на поверхностной – на 2,9%. Отдельное использование соломы на поверхностно-отвальной обработке также было более эффективным в повышении численности жужелиц по сравнению с другими обработками – на 3,6% по сравнению с отвальной и на 9,8% по сравнению с поверхностной. На отвальной обработке максимальному количеству жужелиц способствовало применение NPK – 19,5 шт. / 10 ловушко-суток, которое было выше, чем на поверхностно-отвальной на 4,3% и чем на поверхностной – на 11,4%.

Биологическим фактором плодородия почв являются дождевые черви. Их наличие в почве является определяющим признаком экологической направленности земледелия [11].

Численность дождевых червей в почве в 2020 году существенно не изменялась в зависимости от изучаемых факторов. На поверхностно-отвальной обработке почвы было эффективным применение NPK, так как уровень показателя составил 109,6 шт./м^2, что выше на 28,5%, чем на отвальной, и на 50,5%, чем на поверхностной. На отвальной обработке численность червей достигла максимума при внесении соломы – 98,6 шт./м^2, при этом на поверхностно-отвальной показатель на данном варианте удобрения был ниже на 9,3%, на поверхностной – на 40,7%. Также стоит отметить, что применение поверхностной системы основной обработки почвы обеспечило максимальное значение численности червей на фоне без удобрений – 90,7 шт./м^2, которое было выше варианта поверхностно-отвальной обработки на 15,5%, отвальной – на 10,7%.

Помимо почвенной фауны, большое значение имеют почвенные микроорганизмы, среди которых целлюлозоразлагающие имеют особую роль. Процессы разложения целлюлозы в почве позволяют судить об интенсивности биохимических процессов, биологическом круговороте элементов питания и обеспечении ими культурных растений, а, следовательно, о биологической активности почвы и уровне её плодородия [12].

Активность разложения целлюлозы в 2020 году была на довольно низком уровне и существенно изменялась под действием фактора системы удобрений. Так, применение NPK отдельно и совместно с соломой на варианте отвальной обработки достоверно повысило показатель в сравнении с фоном без удобрений. Именно применение NPK обеспечило максимальное значение показателя активности разложения целлюлозы на отвальной обработке – 35,3%, что было больше одноимённого варианта на поверхностно-отвальной обработке на 5,4%, на поверхностной – на 10,3%. При этом на фоне без удобрений наибольшая целлюлозоразлагающая активность отмечена при поверхностно-отвальной обработке (32,2%), что было больше на 10,5%, чем на отвальной обработке, и на 5,1% – чем на поверхностной. Применение соломы в системе удобрений было более эффективно также на поверхностно-отвальной обработке, так как показатель разложения целлюлозы находился на уровне 29,4%, что на 6,5% выше, чем на отвальной, и на 2,3% – на поверхностной Совместное применение соломы с NPK привело к значению показателя на уровне 30,6–30,7% на отвальной и поверхностной обработках при снижении на поверхностно-отвальной на 6,2%.

В среднем по изучаемым факторам динамика изменений биологических факторов плодородия дерново-подзолистой глееватой почвы была следующей (табл. 2).

Показатели развития тест-культуры существенно изменялись в среднем по изучаемым факторам. Так, всхожесть достоверно снизилась при поверхностной обработке в сравнении с отвальной, но имела тенденцию повышения на 2,6% при поверхностно-отвальной. Использование всех удобрений, кроме соломы, способствовало повышению всхожести, причём совместное внесение соломы с NPK – значительно по сравнению с фоном без удобрений. Длина проростка тест-культуры изменялась незначительно с повышением при поверхностно-отвальной обработке (на 6,3%) и снижением – при поверхностной (на 3,2%), повышению данного показателя способствовали все удобрения по сравнению с контролем (на 3,2–8,1%) с максимумом на фоне соломы с NPK (6,7 см). Показатель длины корней имел похожую динамику: по обработкам почвы преимущество имела поверхностно-отвальная (на 1,5%), а по системам удобрений наблюдались существенные различия по сравнению с неудобренным фоном на всех изучаемых вариантах с максимальным значением при внесении соломы с NPK (7,1 см).

Численность хищных жужелиц в среднем за вегетацию трав была наибольшей на поверхност-

Таблица 2 – Биологические свойства почвы в среднем по изучаемым факторам

Вариант	Общая токсичность			Численность жужелиц, шт. / 10 ловушко-суток	Численность дождевых червей в почве, шт./м^2	Целлюлозоразлагающая активность почвы, % разложения полотна
	всхожесть тест-культуры, %	длина проростка тест-культуры, см	длина корней тест-культуры, см			
Фактор А. Система обработки почвы, «О»						
Отвальная, «$О_1$»	52,2	6,4	6,9	18,5	84,7	27,7
Поверхностно-отвальная, «$О_3$»	54,8	6,8	7,0	19,0	89,8	29,0
Поверхностная, «$О_4$»	49,6	6,2	6,7	18,5	81,0	27,5
$НСР_{05}$	2,7	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$
Фактор В. Система удобрений, «У»						
Без удобрений, «$У_1$»	50,3	6,2	6,4	16,8	83,7	27,0
Солома 3 т/га, «$У_3$»	49,8	6,4	6,9	19,3	86,3	26,5
Солома + NPK, «$У_5$»	55,0	6,7	7,1	20,1	82,1	28,6
NPK, «$У_6$»	53,6	6,6	7,0	18,6	89,2	30,1
$НСР_{05}$	3,9	$F_ф < F_{05}$	0,4	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$

но-отвальной обработке – 19,0 шт. / 10 ловушко-суток, что было больше значений на отвальной и поверхностной обработках на 2,7%. Это говорит о поддержании общего экологического состояния на более стабильном уровне при использовании поверхностно-отвальной обработки, чем при отвальной или поверхностной. Применяемые системы удобрений в последействии не проявили токсического эффекта на популяцию хищных жужелиц в посеве многолетних трав второго года пользования – наблюдалось увеличение их численности на всех вариантах в сравнении с неудобренным фоном: на 10,7% – при использовании NPK, на 14,9% – при использовании соломы и на 19,6% – при совместном применении соломы с NPK.

В среднем поверхностно-отвальная система обработки также привела к наибольшему количеству червей – 89,8 шт./м^2, что было больше отвальной на 6,0%, поверхностной – на 10,9%. Поступление органического вещества соломы обеспечило повышение численности дождевых червей на вариантах с её внесением (на 3,1%) по сравнению с фоном без удобрений. Похожей тенденции способствовало и применение NPK (количество червей возросло на 6,6%).

Применение поверхностно-отвальной системы основной обработки почвы способствовало и увеличению показателя активности разложения целлюлозы как по сравнению с отвальной на 1,3%, так и по сравнению с поверхностной – на 1,5%. Из систем удобрений в среднем по обработкам почвы повышению целлюлозоразлагающей активности способствовало применение NPK как отдельно (на 3,1%), так и совместно с соломой (на 1,6%) по сравнению с фоном без удобрений.

Выводы. Таким образом, повышению показателей развития тест-объекта, а значит снижению токсических свойств дерново-подзолистой почвы, способствовало совместное применение соломы с NPK на поверхностно-отвальной обработке, при этом использование ежегодной поверхностной обработки повышало токсичность почвы, особенно при отсутствии удобрений и внесении соломы. Фоны питания – солома с NPK и NPK, применяемые в системе поверхностно-отвальной обработки почвы, также способствовали повышению распространения в агроценозе многолетних трав жуков-жужелиц и дождевых червей, увеличению активности разложения целлюлозы.

Список источников

1. Водянова, М. А. Биотестирование и микробиологические методы в оценки загрязнений почв / М. А. Водянова. – Текст : электронный // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 8. – С. 202–206. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/biotestirovanie-i-mikrobiologicheskie-metody-v-otsenki-zagryazneniy-pochv (дата обращения: 01.12.2021).

2. Пивоварова, Е. Г. Влияние современных агротехнологий на экологическое состояние почв / Е. Г. Пивоварова, С. Снэпп, А. Н. Кравченко. – Текст : электронный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1 (63). – С. 10–16. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sovremennyh-agrotehnologiy-na-ekologicheskoe-sostoyanie-pochv (дата обращения: 01.12.2021). – ISSN 1996-4277.

3. Шпис, Т. Э. Влияние почвенных факторов на формирование фитотоксичности черноземов / Т. Э. Шпис, Ю. С. Ананьева. – Текст : электронный // Вестник АГАУ. – 2010. – № 11. – С. 27–30. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-pochvennyh-faktorov-na-formirovanie-fitotoksichnosti-chernozemov (дата обращения: 01.12.2021).

4. Борин, А. А. Агротехнологии и урожайность культур севооборота на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья / А. А. Борин, А. Э. Лощинина. – Текст : электронный // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2020. – № 1 (61). – С. 136–143. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/agrotehnologii-i-urozhaynost-kultur-sevooborota-na-dernovo-podzolistyh-pochvah-verhnevolzhya (дата обращения: 01.12.2021). – ISSN 2413-5399.

5. Труфанов, А. М. Ресурсосбережение в технологии возделывания яровой пшеницы на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве / А. М. Труфанов. – Текст : непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. – 2018. – № 2 (42). – С. 18–25. – ISSN 1998-1635.

6. Торопова, Е. Ю. Влияние агротехнологий на здоровье почвы и растений в лесостепи Омской области / Е. Ю. Торопова, М. П. Селюк, Л. В. Юшкевич. – Текст : электронный // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 2. – С. 44–45. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-agrotehnologiy-na-zdorovie-pochvy-i-rasteniy-v-lesostepi-omskoy-oblasti (дата обращения: 01.12.2021). – ISSN 0235-2451.

7. Исаичева, У. А. Эффективность биологизации системы удобрений в оптимизации гумусового состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы / У. А. Исаичева, А. М. Труфанов. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (135). – С. 43–47. – ISSN 1996-4277.

8. Маячкина, Н. В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н. В. Маячкина, М. В. Чугунова. – Текст : электронный // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2009. – № 1. – С. 84–93. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-biotestirovaniya-pochv-s-tselyu-ih-ekotoksikologicheskoy-otsenki (дата обращения: 01.12.2021). – ISSN 1993-1778.

9. Селивановская, С. Ю. Оценка токсичности почв с использованием контактного метода биотестирования / С. Ю. Селивановская, П. Ю. Галицкая. – Текст : электронный // Токсикологический вестник. – 2006. – № 4 (79). – С. 12–15. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-toksichnosti-pochv-s-ispolzovaniem-kontaktnogo-metoda-biotestirovaniya-1 (дата обращения: 01.12.2021). – ISSN 0869-7922.

10. Алемасова, Н. В. Жужелицы как индикаторы антропогенного воздействия / Н. В. Алемасова. – Текст : электронный // Вестник Мордовского университета. – 2009. – № 1. – С. 8–9. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zhuzhelitsy-kak-indikatory-antropogennogo-vozdeystviya (дата обращения: 01.12.2021). – ISSN 0236-2910.

11. Ториков, В. Е. Влияние биологической технологии возделывания зерновых культур на содержание азота в почве и численность дождевых червей / В. Е. Ториков, И. И. Фокин, И. Г. Рыченков, А. Е. Сорокин. – Текст : электронный // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 2. – С. 23–31. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-biologicheskoy-tehnologii-vozdelyvaniya-zernovyh-kultur-na-soderzhanie-azota-v-pochve-i-chislennost-dozhdevyh-chervey (дата обращения: 01.12.2021). – ISSN 2500-2651.

12. Щур, А. В. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия / А. В. Щур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько. – Текст : электронный // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 7 (106). – С. 45–49. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsellyulozoliticheskaya-aktivnost-pochv-pri-razlichnyh-urovnyah-agrotehnicheskogo-vozdeystviya (дата обращения: 01.12.2021). – ISSN 1819-4036.

References

1. Vodyanova, M. A. Biotestirovanie i mikrobiologicheskie metody v ocenki zagrjaznenij pochv / M. A. Vodyanova. – Tekst : jelektronnyj // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. – 2006. – № 8. – S. 202–206. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/biotestirovanie-i-mikrobiologicheskie-metody-v-otsenki-zagryazneniy-pochv (data obrashhenija: 01.12.2021).

2. Pivovarova, E. G. Vlijanie sovremennyh agrotehnologij na jekologicheskoe sostojanie pochv / E. G. Pivovarova, S. Snehpp, A. N. Kravchenko. – Tekst : jelektronnyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 1 (63). – S. 10–16. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sovremennyh-agrotehnologiy-na-ekologicheskoe-sostoyanie-pochv (data obrashhenija: 01.12.2021). – ISSN 1996-4277.

3. Shpis, T. Eh. Vlijanie pochvennyh faktorov na formirovanie fitotoksichnosti chernozemov / T. Eh. Shpis, Yu. S. Anan'eva. – Tekst : jelektronnyj // Vestnik AGAU. – 2010. – № 11. – S. 27–30. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-pochvennyh-faktorov-na-formirovanie-fitotoksichnosti-chernozemov (data obrashhenija: 01.12.2021).

4. Borin, A. A. Agrotehnologii i urozhajnost' kul'tur sevooborota na dernovo-podzolistyh pochvah Verhnevolzh'ja / A. A. Borin, A. Eh. Loshchinina. – Tekst : jelektronnyj // Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhe-

nie. – 2020. – № 1 (61). – S. 136–143. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/agrotehnologii-i-urozhaynost-kultur-sevooborota-na-dernovo-podzolistyh-pochvah-verhnevolzhya (data obrashhenija: 01.12.2021). – ISSN 2413-5399.

5. Trufanov, A. M. Resursosberezhenie v tehnologii vozdelyvanija jarovoj pshenicy na dernovo-podzolistoj sredne-suglinistoj pochve / A. M. Trufanov. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. – 2018. – № 2 (42). – S. 18–25. – ISSN 1998-1635.

6. Toropova, E. Yu. Vlijanie agrotehnologij na zdorov'e pochvy i rastenij v lesostepi Omskoj oblasti / E. Yu. Toropova, M. P. Selyuk, L. V. Yushkevich. – Tekst : jelektronnyj // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2014. – № 2. – S. 44–45. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-agrotehnologiy-na-zdorovie-pochvy-i-rasteniy-v-lesostepi-omskoy-oblasti (data obrashhenija: 01.12.2021). – ISSN 0235-2451.

7. Isaicheva, U. A. Jeffektivnost' biologizacii sistemy udobrenij v optimizacii gumusovogo sostojanija dernovo-podzolistoj supeschanoj pochvy / U. A. Isaicheva, A. M. Trufanov. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 1 (135). – S. 43–47. – ISSN 1996-4277.

8. Mayachkina, N. V. Osobennosti biotestirovanija pochv s cel'ju ih jekotoksikologicheskoj ocenki / N. V. Mayachkina, M. V. Chugunova. – Tekst : jelektronnyj // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. – 2009. – № 1. – S. 84–93. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-biotestirovaniya-pochv-s-tselyu-ih-ekotoksikologicheskoy-otsenki (data obrashhenija: 01.12.2021). – ISSN 1993-1778.

9. Selivanovskaya, S. Yu. Ocenka toksichnosti pochv s ispol'zovaniem kontaktnogo metoda biotestirovanija / S. Yu. Selivanovskaya, P. Yu. Galitskaya. – Tekst : jelektronnyj // Toksikologicheskij vestnik. – 2006. – № 4 (79). – S. 12–15. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-toksichnosti-pochv-s-ispolzovaniem-kontaktnogo-metoda-biotestirovaniya-1 (data obrashhenija: 01.12.2021). – ISSN 0869-7922.

10. Alemasova, N. V. Zhuzhelicy kak indikatory antropogennogo vozdejstvija / N. V. Alemasova. – Tekst : jelektronnyj // Vestnik Mordovskogo universiteta. – 2009. – № 1. – S. 8–9. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zhuzhelitsy-kak-indikatory-antropogennogo-vozdeystviya (data obrashhenija: 01.12.2021). – ISSN 0236-2910.

11. Torikov, V. E. Vlijanie biologicheskoj tehnologii vozdelyvanija zernovyh kul'tur na soderzhanie azota v pochve i chislennost' dozhdevyh chervej / V. E. Torikov, I. I. Fokin, I. G. Rychenkov, A. E. Sorokin. – Tekst : jelektronnyj // Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. – 2011. – № 2. – C. 23–31. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-biologicheskoy-tehnologii-vozdelyvaniya-zernovyh-kultur-na-soderzhanie-azota-v-pochve-i-chislennost-dozhdevyh-chervey (data obrashhenija: 01.12.2021). – ISSN 2500-2651.

12. Shchur, A. V. Celljulozoliticheskaja aktivnost' pochv pri razlichnyh urovnjah agrotehnicheskogo vozdejstvija / A. V. Shchur, D. V. Vinogradov, V. P. Val'ko. – Tekst : jelektronnyj // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 7 (106). – S. 45–49. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsellyulozoliticheskaya-aktivnost-pochv-pri-razlichnyh-urovnyah-agrotehnicheskogo-vozdeystviya (data obrashhenija: 01.12.2021). – ISSN 1819-4036.

Сведения об авторах

Александр Михайлович Труфанов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 5673-4920.

Сергей Владимирович Щукин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 2622-3345.

Александр Николаевич Воронин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 8605-2537.

Information about the authors

Aleksandr M. Trufanov – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agricultural Academy", spin-code: 5673-4920.

Sergey V. Shchukin – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agricultural Academy", spin-code: 2622-3345.

Aleksandr N. Voronin – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agricultural Academy", spin-code: 8605-2537.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.