

Научная статья

УДК 632.954: 631.466.1+631.461

DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-75-82

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ СПССПК «ТИМИРЯЗЕВСКИЙ» ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

Захаров Вячеслав Леонидович^{1✉}, Ленкшевич Анна Владимировна²,
Школьникова Марина Николаевна³

^{1,2} Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Липецкая область, Елец, Россия

³ Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия

¹ zaxarov7979@mail.ru✉

² Witchanna@bk.ru

³ shkolnikova.m.n@mail.ru

Аннотация. В научной литературе почти отсутствуют сведения о влиянии гербицидной нагрузки на численность микроорганизмов в разрезе подтипов почвы. Целью настоящей работы было установить, как влияют три разных дозировки гербицидного раствора на численность микроорганизмов в двух подтипах садопригодного чернозёма Липецкой области. Исследования проводились в 2022-2023 гг. в 3-летнем вишнёвом саду СПССПК «Тимирязевский» Долгоруковского района Липецкой области. Объектом исследования служили два подтипа почвы: чернозём выщелоченный и оподзоленный. В саду после междурядной механической обработки поверхность почвы опрыскивали раствором гербицида Глифошанс Супер. Концентрация гербицида в водном растворе составляла 1,0, 1,5 и 2,0 %. Через 3 дня проводили определение численности микроорганизмов в слое 0-10 см. Внесение в чернозёмы садов гербицидов на основе глифосата с концентрацией рабочего раствора 2 % приводит к снижению численности микроорганизмов. Через 3 дня количество бактерий сокращается в 2-2,5 раза, плесневых грибов – в 6-115 раз, общее микробное число – в 2,8-12,3 раз. Из почвенных микроорганизмов от гербицидов особенно страдают плесневые грибы. По мере уменьшения концентрации гербицида на основе глифосата сокращение численности бактерий, плесневых грибов и общее микробное число чернозёма выщелоченного и оподзоленного снижается. Микрофлора чернозёма оподзоленного более устойчива к гербицидной нагрузке, чем микроорганизмы чернозёма выщелоченного.

Ключевые слова: подтип почвы, гербициды, сады, микроорганизмы, буферность почвы.

Для цитирования: Захаров В.Л., Ленкшевич А.В., Школьникова М.Н. Влияние гербицидной нагрузки на содержание микроорганизмов в почвах СПССПК «Тимирязевский» Липецкой области // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 4(30). С. 75-82. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-75-82>.

Original article

THE EFFECT OF HERBICIDAL LOAD ON THE CONTENT OF MICROORGANISMS IN THE SOILS OF THE AGRICULTURAL PROCESSING SUPPLY AND MARKETING CONSUMER COOPERATIVE «TIMIRYAZEVSKEY» OF THE LIPETSK REGION

Vyacheslav L. Zaxarov^{1✉}, Anna V. Lenkshevich², Marina N. Shkolnikova

^{1,2} Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Russia

³ Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

¹ zaxarov7979@mail.ru✉

² Witchanna@bk.ru

³ shkolnikova.m.n@mail.ru

Abstract. There is almost no information in the scientific literature about the effect of herbicide load on the number of microorganisms in the context of soil subtypes. The purpose of this work was to establish how three different dosages of herbicide solution affect the number of microorganisms in two subtypes of

garden-suitable chernozem of the Lipetsk region. The research was carried out in 2022-2023 in the 3-year-old cherry orchard of the agricultural processing supply and marketing consumer cooperative "Timiryazevsky" of the Dolgorukovsky district of the Lipetsk region. The object of the study was two subtypes of soil: leached chernozem and podzolized. In the garden, after row-to-row mechanical treatment, the soil surface was sprayed with a solution of the herbicide Glyphoshans Super. The concentration of the herbicide in an aqueous solution was 1.0, 1.5 and 2.0%. After 3 days, the number of microorganisms in the 0-10 cm layer was determined. The introduction of herbicides based on glyphosate with a working solution concentration of 2% into the chernozems of gardens leads to a decrease in the number of microorganisms. After 3 days, the number of bacteria is reduced by 2-2.5 times, mold fungi – by 6-115 times, the total microbial number – by 2.8-12.3 times. Of the soil microorganisms, mold fungi especially suffer from herbicides. As the concentration of glyphosate-based herbicide decreases, the number of bacteria, mold fungi and the total microbial number of leached and podzolized chernozem decreases. The microflora of podzolized chernozem is more resistant to herbicidal load than microorganisms of leached chernozem.

Keywords: soil subtype, herbicides, gardens, microorganisms, soil buffering.

For citation: Zakharov V.L., Lenkshevich A.V., Shkolnikova M.N. The effect of herbicidal load on the content of microorganisms in the soils of the agricultural processing supply and marketing consumer cooperative «Timiryazevsky» of the Lipetsk region. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 2023, no. 4(30), pp. 75-82. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-30-75-82>.

Введение

К числу микроорганизмов-деструкторов промышленных отходов, в первую очередь, относятся грибы и представители грамотрицательных и грамположительных бактерий, включая фототрофных прокариот – цианобактерий [14]. Зафиксировано расщепление хлор- и фосфорорганических инсектицидов и гербицидов с помощью грибов белой гнили *Phanerochaete chrysosporium* [20]. На питательной среде с добавлением гербицида (1 мг/л) установлено, что гербицид Фюзилад Форте на 50 % замедляет рост колоний бактерии *Erwinia* [7]. Бактерии родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Citrobacter* и виды грибов *Aspergillus* и *Penicillium*, выделенные из почвы, были способны разлагать пестицид монокротофос [19]. Установлено, что длительное пребывание пестицидов (30 дней) в почве вызывает изменение состава микробиоценоза почвы – нарастает численность бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, как главных деструкторов чужеродных веществ [11]. По другим источникам пестицидные обработки вегетирующих зерновых растений временно угнетают работу микроорганизмов, отвечающих за круговорот азота, а в целом не влияют на сукцессию микробиоценоза [10]. В насаждениях смородины и крыжовника в Тамбовской области гербициды Ураган Форте, Раундап, Гоал 2Е и баковые смеси Лонтрела-300 с Раундапом в первые 30 дней после внесения временно угнетали микрофлору луговато-чернозёмной почвы в слое 0-10 см [3], а гербициды Утал, Баста и Набу в первые 5-10 дней вызывали незначительное снижение активности микрофлоры этой почвы в указанном слое, однако спустя 1-2 месяца целлюлолитическая активность почвы была высокая [2]. Тёмно-серые лесные почвы Красноярского края обладают повышенной буферностью микробного сообщества к химическим загрязнителям: уже через месяц распадаются сернистые соли натрия, а через год – такие тяжёлые металлы, как медь, свинец и никель [5]. В литературе рассматриваются последствия применения в лесоразведении ряда гербицидов группы сульфонилмочевин (сульфометурон-метил, метсульфурон-метил, трибенурон-метил), имидазолинонов (имазапир) и фосфорорганических соединений (производные глифосата), которые в настоящее время разрешены к применению на территории Российской Федерации. Кислая среда лесных почв способствует более быстрому распаду этих веществ, чем в более нейтральных почвах [18]. К деградации пестицидов способны микроорганизмы разных систематических групп. Выделены бактерии, способные в течение 5 суток минерализовать до 90% атразина в почве [23]. Так, например, почвенная бактерия *Agrobacterium radiobacter* способна за 72 ч минерализовать 94% гербицида атразина на безазотистой среде. Внесение этого штамма в почву в 2–5 раз увеличивало способность этой почвы к минерализации гербицида [22]. Установлено, что бактерия *Anabaena variabilis* не только устойчива к возрастающим концентрациям гербицидов арезина, бутахло-

ра, алахлора и 2,4-Д на рисовых полях, но и способна сохранять свою азотфиксирующую способность [21]. Из 15 штаммов зелёных водорослей 8 были способны метаболизировать гербицид флуометурон путём N-деметилиции до дезметилфлуометурана. Наивысшая активность при этом наблюдалась у *Ankistrodesmus falcatus*, *A. nannoselene*, *Selenastrum capricornutum*, *S. gracile*, *S. minutum*, отдельные штаммы которых полностью доводили деметилирование до трифлуорометилфенил мочевины [24].

Агрохимические свойства почв Липецкой области достаточно подробно представлены в научном труде Ю.И. Сискевич [16], однако здесь мало внимания уделено садовым почвам и не освещены вопросы микробиологической их активности. Поиск и выделение в чистую культуру микроорганизмов среди бактерий, микромицетов и водорослей, способных к активной деградации тех или иных препаратов, является основой в разработке биоремедиационных мероприятий по очистке почвы от остаточных пестицидов [17]. В научной литературе почти отсутствуют сведения о влиянии гербицидной нагрузки на численность микроорганизмов в разрезе подтипов почвы. Поэтому целью настоящей работы было установить, как влияют три разных дозировки гербицидного раствора на численность микроорганизмов в двух подтипах садопригодного чернозёма Липецкой области.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2022-2023 гг. в 3-летнем вишнёвом саду СПССПК «Тимирязевский» Долгоруковского района Липецкой области. Сорт Молодёжная. Подвой – ВЦ-13. Схема посадки 5 X 2,45 м. Объектами исследований являлись два подтипа почвы: чернозём оподзоленный и чернозём выщелоченный. Почвы по гранулометрическому составу тяжелосуглинистые и залегают на покровном суглинке. Чернозём выщелоченный имеет следующее строение профиля: А (0-80 см); АВ₁ (80-100 см); В₂ (100-115 см); В_{3Ca} (115-170 см); ВС_{Ca} (170-210 см); С_{Ca} (210-220). Чернозём оподзоленный имеет следующее строение профиля: А₁ (0-60 см); АВ (60-178 см); В (178-220 см); С (220-230 см). Опрыскивание поверхности почвы проводили в междурядьях, которые содержались под чёрным паром. Обработку проводили раствором гербицида глифосанс супер, ВР (540 г/л глифосата кислоты (калиевая соль)) ручным ранцевым опрыскивателем 18 мая, 29 июня и 9 сентября 2023 г. Это системный гербицид сплошного действия с широким спектром сорняков. Концентрация гербицида в водном растворе составляла 1,0, 1,5 и 2,0 %. Норма рабочего расхода 1200-1430 л/га. В течение последующих 7-10 дней сохранялся гербицидный эффект. Отбор почвы для микробиологических анализов проводили через 3 дня после опрыскивания согласно методическим указаниям В.В. Церлинга и Л.А. Егоровой [12]. Количество микроорганизмов в почве определяли посевом на питательные среды при разведении в 10000 и 100000 раз [13]. Для культивирования бактерий и КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) использовали питательный агар, для выращивания плесневых грибов использовали среду Чапека. Агрохимические анализы почвы выполнены по инструкции ЦИНАО [9]: содержание гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [1]; подвижного фосфора и обменного калия – по методу Ф.В. Чирикова [15] на фотоэлектроколориметре КФК-2 и пламенном фотометре ФПА-2; гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований – титриметрическим методом по Каппэну; рН солевой вытяжки – ионометрическим методом на иономере ЭВ-74 [1], нитратный азот - ионометрическим методом на иономере «Эксперт-001» с нитратным электродом [4]. Оценку почв проводили согласно учебному пособию В.Д. Иванова и Е.В. Кузнецовой [8]. Математическая обработка данных проводилась дисперсионным анализом [6].

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно нашим агрохимическим данным, исследуемые почвы малогумусные, с низкой для плодовых обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием. Чернозём оподзоленный имеет высокую гидролитическую кислотность, среднекислую реакцию среды,

высокое содержание нитратного азота и среднюю сумму обменных оснований. Чернозём выщелоченный имел очень низкое содержание нитратного азота, слабокислую реакцию среды, низкую гидролитическую кислотность и среднюю сумму обменных оснований (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимические свойства чернозёмов СПССПК «Тимирязевский» в 2022-2023 гг.

Глубина, см	Гумус, %	Нитратный азот, мг/100 г	рН _{KCl}	Гидролитическая кислотность	Сумма обменных оснований	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг-экв/100 г			
Чернозём выщелоченный							
0-10	5,0	0,9	5,4	2,8	27,3	2,7	8,1
10-50	5,2	1,0	5,5	2,7	28,0	3,0	8,3
Чернозём оподзоленный							
0-10	4,9	2,7	4,7	5,8	12,5	2,8	7,0
10-50	5,0	2,7	4,6	6,0	12,0	2,9	7,2
НСР ₀₅	0,2	1,0	0,2	0,2	3,0	0,2	0,6
НСР %	7,0	13,0	3,4	11,0	12,0	1,0	7,1

Поскольку опытные участки в садах характеризовались по численности микроорганизмов высокой пестротой, то для более высокой точности опыта количество микроорганизмов мы определяли до и после обработки гербицидом на одних и тех же делянках. Судя по контрольным делянкам, чернозём выщелоченный отличается от оподзоленного более высоким содержанием бактерий и дрожжей, но уступает оподзоленному по количеству грибов.

Установлено, что при обработке гербицидом чернозёма оподзоленного при его концентрации в рабочем растворе 2 % через 3 дня численность микроорганизмов снизилась следующим образом: бактерий – в 2 раза, плесневых грибов – в 6 раз, общее количество микроорганизмов – в 2,8 раза (табл.2).

Таблица 2. Численность микроорганизмов в почвах вишнёвых садах СПССПК «Тимирязевский» в зависимости от концентрации гербицида глифошанс супер, тыс. КОЕ/г (среднее за 18 мая, 29 июня и 9 сентября 2023 года)

Концентрация гербицида, %	Срок отбора	Бактерии	КМАФАнМ	Плесневые грибы
Чернозём оподзоленный				
2,0	до обработки	8,0	2000,0	1240,0
	после обработки	4,0	715,0	205,0
1,5	до обработки	9,1	3500,5	955,0
	после обработки	4,7	1350,0	173,6
1,0	до обработки	9,0	10000,0	735,0
	после обработки	6,0	7692,0	340,0
Чернозём выщелоченный				
2,0	до обработки	10,0	7000,0	115,0
	после обработки	4,0	570,0	1,0
1,5	до обработки	16,0	8000,0	452,5
	после обработки	7,0	900,4	6,7
1,0	до обработки	16,0	10000,0	600,0
	после обработки	8,0	1250,0	480,0
НСР ₀₅		0,4	150,0	5,0
НСР %		5,0	7,2	6,3

При обработке гербицидом чернозёма выщелоченного при его концентрации в рабочем растворе 2 % через 3 дня численность микроорганизмов снизилась следующим образом: бактерий – в 2,5 раза, плесневых грибов – в 115 раз, общее количество микроорганизмов – в 12,3 раза.

После обработки чернозёма оподзоленного гербицидом в концентрации 1,5 % через 3 дня численность микроорганизмов сократилась следующим образом: бактерий – в 1,9 раза, плесневых грибов – в 5,5 раза, общее количество микроорганизмов – в 2,6 раза.

После опрыскивания чернозёма выщелоченного гербицидом в концентрации 1,5 % через 3 дня количество микроорганизмов сократилось следующим образом: бактерий – в 2,3 раза, плесневых грибов – в 67,5 раза, общее количество микроорганизмов – в 8,9 раза.

После обработки чернозёма оподзоленного гербицидом в концентрации 1,0 % через 3 дня численность микроорганизмов сократилась следующим образом: бактерий – в 1,5 раза, плесневых грибов – в 2,0 раза, общее количество микроорганизмов – в 1,3 раза.

После внесения гербицида в чернозём выщелоченный в концентрации 1,0 % через 3 дня количество микроорганизмов сократилось следующим образом: бактерий – в 2,0 раза, плесневых грибов – в 1,3 раза, общее количество микроорганизмов – в 8,0 раз.

Таким образом, с уменьшением концентрации гербицида численность всех трёх групп микроорганизмов в обоих подтипах почвы страдает уже в меньшей степени.

Сравнивая устойчивость этих двух подтипов почвы к воздействию гербицида по снижению численности микрофлоры, можно выделить чернозём оподзоленный как более буферный подтип почвы, а следовательно, более пригодный для промышленного выращивания яблони.

Выводы

1. Внесение в чернозёмы садов гербицидов на основе глифосата с концентрацией рабочего раствора 2 % приводит к снижению численности микроорганизмов. Через 3 дня количество бактерий сокращается в 2-2,5 раза, плесневых грибов – в 6-115 раз, общее микробное число – в 2,8-12,3 раз.

2. Из почвенных микроорганизмов от гербицидов особенно страдают плесневые грибы.

3. По мере уменьшения концентрации гербицида на основе глифосата сокращение численности бактерий, плесневых грибов и общее микробное число чернозёма выщелоченного и оподзоленного снижается.

4. Микрофлора чернозёма оподзоленного более устойчива к гербицидной нагрузке, чем микроорганизмы чернозёма выщелоченного.

Список источников

1. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос, 1976. 280 с.

2. Алиев Т.Г.-Г. Агробиологическое обоснование применения гербицидов в плодовых и ягодных насаждениях: автореф. дисс. д-ра с.-х. наук. Мичуринск, 2007. 47 с.

3. Архипов Ю.А. Разработка системы содержания почвы в насаждениях смородины и крыжовника в ЦЧР на основе применения гербицидов: автореф. дисс. канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2011. 23 с.

4. ГОСТ 26488-85 Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. Утверждён Постановлением Госкомитета СССР по стандартам от 26.03.1985 г. № 821. Москва: Изд-во стандартов, 1985. 5 с.

5. Гродницкая И.Д. Эколого-микробиологическая индикация и биоремедиация почв естественных и нарушенных лесных экосистем Сибири: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Красноярск, 2013. 35 с.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: изд. 6-е. Москва: Альянс, 2011. 351 с.

7. Дохтукаева А.М, Хунарикова М.В., Сулиева М.С. Бактерицидное действие гербицидов // Актуальные вопросы экологической физиологии: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Грозный, 04 апреля 2023 года. Грозный: Чеченский государственный университет имени Ахмата Абдулхамидовича Кадырова, 2023. С. 21-23.
8. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Оценка почв: учебное пособие. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2004. 287 с.
9. Инструкция ЦИНАО по проведению массовых анализов почв в зональных агрохимических лабораториях. Москва: Колос, 1973. 55 с.
10. Коробова Л.Н. Особенности сукцессии микробных сообществ в чернозёмах Западной Сибири: автореф. дис. д-ра биол. наук. Новосибирск, 2007. 43 с.
11. Ксенофонтова О.Ю. Взаимодействие пестицидов и микроорганизмов почвы: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Саратов, 2004. 15 с.
12. Методические указания по диагностике минерального питания яблони и других садовых культур // Сост. В.В. Церлинг, Л.А. Егорова. Москва: Колос, 1980. 47 с.
13. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации. Разработаны Федеральным научным центром гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Госсанэпиднадзора Минздрава России. Утверждены и введены в действие 24.12.2004. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 2004. 12 с.
14. Микробная деградация промышленных отходов (обзор) / Л.И. Домрачева, Т.Я. Ашихмина, Т.С. Елькина, А.Р. Гайфутдинова // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 2. С. 6-16.
15. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. 6-е изд. Москва: Колос, 1968. 496 с.
16. Почвы Липецкой области / Ю.И. Сискевич, В.А. Никоноренков, О.В. Долгих, А.Б. Ахтырцев, В.Д. Сушков. Липецк: ООО «Позитив Л», 2018. 209 с.
17. Реакция почвенной микробиоты на действие пестицидов (обзор) / Л.И. Домрачева, Т.Я. Ашихмина, Л.В. Кондакова, Г.И. Березин // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 4-18.
18. Экологическая оценка гербицидов, используемых при лесовыращивании / А.А. Бубнов, А.Б. Егоров, Л.Н. Павлюченкова, А.М. Постников // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2022. № 4. С. 58-75.
19. Balasubramanian R., Chandrasehar G., Ayyappan S. Utilisation of monocrotophos as a source of phosphorus by bacteria and fungi // J. Ecobiol. 2006. Vol. 18. No 3. Pp. 213-217.
20. Maloney S.E. Degradation of insecticides and herbicides by Fungi // J. Chem. Technol., and Biotechnol. 1998. Vol. 71. No 4. Pp. 360-362.
21. Singh S., Datta P. Screening and selection of most potent diazotrophic cyanobacterial isolate exhibiting natural tolerance to rice field herbicides for exploitation as biofertilizer // J. Basic Microbiol., 2006. Vol. 46. No 3. Pp. 219-225.
22. Struthers J.K., Jayachandran K., Moorman T.B. Biodegradation of atrazine of *Agrobacterium radiobacter* J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil // Appl. and Environ. Microbiol. 1998. Vol. 64. No 9. Pp. 3368-3375.
23. Wenk M., Bourgeois M., Allen J., Stucki G. Effects of atrazine-mineralizing microorganisms on weed growth in atrazine-treated soils // J. Agr. and Food Chem. 1997. Vol. 45. No 11. Pp. 4474-4480.
24. Zablutowicz R.M., Schrader K.K., Locke M.A. Algal transformation of fluometuron and atrazine by N-dealkylation // J. Environ. Sci. and Health, 1998. Vol. 33. No 5. Pp. 511-528.

References

1. Aleksandrova L.N., Najdenova O.A. Laboratory and practical classes in soil science. 3rd ed., reprint. and add. Leningrad: Kolos Publ., 1976. 280 p.
2. Aliev T.G.-G. Agrobiological justification of the use of herbicides in fruit and berry plantations: abstract of the dissertation of the Doctor of agricultural Sciences. Michurinsk. 2007. 47 p.
3. Arhipov Yu.A. Development of a soil maintenance system in currant and gooseberry plantations in the Central Park based on the use of herbicides: abstract of the dissertation of the Candidate of agricultural Sciences. Michurinsk, 2011. 23 p.
4. State Standard 26488-85 Soil. Determination of nitrates by the method of the Central Institute of agrochemical services of Agriculture. Approved by the Resolution of the USSR State Committee for Standards No. 821 dated 03.26.1985. Moscow: Standard Publ., 1985. 5 p.
5. Grodnickaya I.D. Ecological and microbiological indication and bioremediation of soils of natural and disturbed forest ecosystems of Siberia: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences. Krasnoyarsk, 2013. 35 p.
6. Dospekhov B.A. Methodology of field experience: ed. 6th. Moscow: Al'yans Publ., 2011. 351 p.
7. Dohtukaeva A.M., Hunarikova M.V., Sulieva M.S. Bactericidal action of herbicides. Topical issues of ecological physiology: Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference, Grozny, April 04, 2023. Grozny: Akhmat Abdulhamidovich Kadyrov Chechen State University, 2023, pp. 21-23.
8. Ivanov V.D., Kuznecova E.V. Soil assessment: a textbook. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publ., 2004. 287 p.
9. Instruction manual of the Central Institute of petrochemical services of Agriculture for conducting mass soil analyses in zonal agrochemical laboratories. Moscow: Kolos Publ., 1973. 55 p.
10. Korobova L.N. Features of the succession of microbial communities in the chernozems of Western Siberia: abstract of the dissertation of Dr. Biol. sci. Novosibirsk, 2007. 43 p.
11. Ksenofontova O.Yu. Interaction of pesticides and soil microorganisms: abstract of the thesis of the Candidate of Biological Sciences. Saratov, 2004. 15 p.
12. Guidelines for the diagnosis of mineral nutrition of apple trees and other garden crops. Authors-compilers V.V. Cerling, L.A. Egorova. Moscow: Kolos Publ., 1980. 47 p.
13. Methods of microbiological control of soil. Methodological recommendations. Developed by the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia. Approved and put into effect on 12.24.2004. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2004. 12 p.
14. Microbial degradation of industrial waste (review). L.I. Domracheva, T.YA. Ashihmina, T.S. El'kina, A.R. Gajfudinova. Theoretical and applied ecology, 2014, no. 2, pp 6-16.
15. Peterburgskij A.V. Workshop on agronomic chemistry. 6th ed. Moscow: Kolos Publ., 1968. 496 p.
16. Soils of the Lipetsk region. Yu.I. Siskevich, V.A. Nikonorenkov, O.V. Dolgih, A.B. Ah-tyrcev, V.D. Sushkov. Lipetsk: Limited liability company «Pozitiv L» Publ., 2018. 209 p.
17. The reaction of the soil microbiota to the action of pesticides (review). L.I. Domracheva, T.Ya. Ashihmina, L.V. Kondakova, G.I. Berezin. Theoretical and applied ecology, 2012, no. 3, pp. 4-18.
18. Ecological assessment of herbicides used in forest cultivation. A.A. Bubnov, A.B. Ego-rov, L.N. Pavlyuchenkova, A.M. Postnikov. Scientific works of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry, 2022, no. 4, pp. 58-75.
19. Balasubramanian R., Chandrasehar G., Ayyappan S. Utilisation of monocrotophos as a source of phosphorus by bacteria and fungi. J. Ecobiol, 2006, vol. 18, no. 3, pp. 213-217.

20. Maloney S.E. Degradation of insecticides and herbicides by Fungi. J. Chem. Technol., and Biotechnol, 1998, vol. 71, no. 4, pp. 360-362.

21. Singh S., Datta P. Screening and selection of most potent diazotrophic cyanobacterial isolate exhibiting natural tolerance to rice field herbicides for exploitation as biofertilizer. J. Basic Microbiol., 2006, vol. 46, no. 3, pp. 219-225.

22. Struthers J.K., Jayachandran K., Moorman T.B. Biodegradation of atrazine of Agrobacterium radiobacter J14a and use of this strain in bioremediation of contaminated soil. Appl. and Environ. Microbiol, 1998, vol. 64, no. 9, pp. 3368-3375.

23. Wenk M., Bourgeois M., Allen J., Stucki G. Effects of atrazine-mineralizing microorganisms on weed growth in atrazine-treated soils. J. Agr. and Food Chem, 1997, vol. 45, no. 11, pp. 4474-4480.

24. Zablotowicz R.M., Schrader K.K., Locke M.A. Algal transformation of fluometuron and atrazine by N-dealkylation. J. Environ. Sci. and Health, 1998, vol. 33, no. 5, pp. 511-528.

Информация об авторах

В.Л. Захаров – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агро-технологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции;

А.В. Ленкшевич – аспирант кафедры химико-биологических дисциплин и фармакологии;

М.Н. Школьникова – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологий питания.

Information about the authors

V.L. Zakharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products;

A.V. Lenkshevich – postgraduate student of the Department of Chemical and Biological Disciplines and Pharmacology;

M.N. Shkolnikova – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Food Technologies.