

Наталья Артемовна Воронкова¹, **Вера Владимировна Леонова²**, Ольга Федоровна Хамова³,
Наталья Николаевна Шулико^{4✉}

^{1,2,3,4}Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

¹Омский государственный технический университет, Омск, Россия

¹voronkova.67@bk.ru

^{2,4}shuliko@anc55.ru

³hamova@anc55.ru

В настоящей статье приведены результаты исследований В.В. Леоновой в стационарном многофакторном опыте лаборатории агрохимии Омского АНЦ при совместной работе. Изучением почвенной альгофлоры В.В. Леонова занималась в течение всей научной деятельности, успешно защитив кандидатскую диссертацию, опубликовав множество статей. В декабре минувшего года доцент кафедры почвоведения, кандидат биологических наук В.В. Леонова ушла из жизни. Авторы статьи посвящают эту публикацию ее памяти. На кафедре почвоведения она проработала более 40 лет, пройдя путь от лаборанта, аспиранта до доцента, преподавателя, с 1970 по 2014 г. Кандидатская диссертация защищена под руководством профессора Н.Д. Градобоева, кандидата биологических наук Н.С. Пономаревой.

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА АЛЬГОФЛОРУ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Цель исследования – изучить реакцию альгофлоры чернозема выщелоченного на агротехнологию с разным уровнем применения средств химизации в шестипольном зерноотрадном севообороте. Задачи: выявить действие и последствие минеральных и органических удобрений на численность почвенных водорослей; определить наиболее чувствительную группу к агрохимической нагрузке почвы. Объект исследования – альгофлора чернозема выщелоченного: из эукариотов – зеленые (*Chlorophyta*), желто-зеленые (*Xanthophyta*), диатомовые (*Diatomeae*); из прокариотов – цианобактерии (*Cyanobacteria*), или синезеленые водоросли. Анализ действия изучаемых факторов проводился по количественному показателю, применяемому в альгологии: численность клеток в одном грамме почвы (клеток/г почвы). Учет проводили на микроскопе МБИ-6 методом прямого счета. Стационарный опыт был заложен в 1986 г. в южной лесостепной зоне Западной Сибири (Омская область). Исследования проводились под растениями люцерны первого и третьего года вегетации. В опыте, заложенном методом расщепленных делянок, изучались три фактора: средства химизации (удобрения и средства защиты растений), навоз крупнорогатого скота и солома. При внесении максимальной дозы минеральных удобрений ($N_{40}P_{120}K_{40}$) в сочетании со средствами защиты растений общая численность живых клеток водорослей снизилась на 70 % по сравнению с неудобренным фоном (102,4 тыс. клеток/г почвы). Внесение навоза (10 т/га севооборотной площади), соломы (в количестве, соответствующем урожаю) на этом же минеральном фоне нивелировало депрессивное действие химических средств. Численность клеток увеличилась на 98 % по сравнению с вариантом без применения органических удобрений. Негативное влияние агрохимических средств на альгофлору проявилось непосредственно в год внесения; в последующие годы численность клеток водорослей значительно увеличилась. Под люцерной третьего года вегетации от общего количества живых клеток на долю зеленых и желто-зеленых приходилось 66–97 %. Полученные данные могут быть использованы для целенаправленного контроля экологической ситуации в агроценозе.

Ключевые слова: микробиоценоз, альгофлора, почва, агроценоз, минеральные удобрения, пестициды, растения

Для цитирования: Влияние приемов интенсификации в земледелии на альгофлору чернозема выщелоченного / Н.А. Воронкова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 7. С. 77–85. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-77-85.

Natalya Artemovna Voronkova¹, Vera Vladimirovna Leonova², Olga Fedorovna Khamova³,
Natalia Nikolaevna Shuliko⁴✉

^{1,2,3,4}Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

¹Omsk State Technical University, Omsk, Russia

¹voronkova.67@bk.ru

^{2,4}shuliko@anc55.ru

³hamova@anc55.ru

INTENSIFICATION TECHNIQUES IN AGRICULTURE INFLUENCE ON THE LEACHED CHERNOZEM ALGOFLORA

The purpose of research is to study the reaction of the algal flora of leached chernozem to agricultural technology with different levels of use of chemicals in a six-field grain-grass crop rotation. Tasks: to identify the effect and aftereffect of mineral and organic fertilizers on the number of soil algae; determine the most sensitive group to the agrochemical load of the soil. The object of research is the algoflora of leached chernozem: from eukaryotes - green (Chlorophyta), yellow-green (Xanthophyta), diatoms (Diatomeae); from prokaryotes – cyanobacteria (Cyanobacteria) or blue-green algae. The analysis of the effect of the studied factors was carried out according to the quantitative indicator used in algology: the number of cells in one gram of soil (cells/g of soil). Accounting was carried out on an MBI-6 microscope by direct counting. The stationary experiment was established in 1986 in the southern forest-steppe zone of Western Siberia (the Omsk Region). The studies were carried out under alfalfa plants of the first and third years of vegetation. In the split-plot experiment, three factors were studied: chemicals (fertilizers and plant protection products), cattle manure and straw. When applying the maximum dose of mineral fertilizers (N₄₀P₁₂₀K₄₀) in combination with plant protection products, the total number of living algae cells decreased by 70 % compared to the unfertilized background (102.4 thousand cells/g of soil). The introduction of manure (10 t/ha of crop rotation area), straw (in an amount corresponding to the harvest) on the same mineral background leveled the depressive effect of chemicals. The number of cells increased by 98 % compared to the variant without the use of organic fertilizers. The negative impact of agrochemical agents on the algal flora manifested itself directly in the year of introduction; in subsequent years, the number of algae cells increased significantly. Under alfalfa of the third year of vegetation, green and yellow-green cells accounted for 66–97 % of the total number of living cells. The obtained data can be used for purposeful control of the ecological situation in the agrocenosis.

Keywords: microbiocenosis, algoflora, soil, agrocenosis, mineral fertilizers, pesticides, plants

For citation: Intensification techniques in agriculture influence on the leached chernozem algoflora / N.A. Voronkova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(7): 77–85. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-7-77-85.

Введение. Микроорганизмы почвы – обязательная составная часть любой экосистемы. В окультуренной почве их численность может достигать до нескольких миллиардов в 1 г почвы, а общая масса – до 10 т на 1 гектаре [1–3]. Микроорганизмы имеют мощный ферментативный аппарат, в функции которого входит контроль круговорота веществ и обеспечение постоянного функционирования экосистем [4–7]. В онтогенезе растения значение микроорганизмов многофункционально. Согласно исследованиям Ю.М. Возняковской [8], иммобилизация, трансформация биогенных элементов, процессы гумификации, выветривания первичных ми-

нералов и другое осуществляются почвенными микроорганизмами. Важным фактором, определяющим гомеостаз почвенной биоты в агроэкосистеме, является применение агрохимических средств, в частности удобрений. Стимулирующее влияние минеральных удобрений на общее количество микроорганизмов в почве отмечено многими исследователями [4, 6, 9–11]. Увеличение численности микроорганизмов, по мнению Е.Н. Мишустина и др. (1983), связано с поступлением энергетического материала в почву на удобренных участках: листовой опад, корне-поживные остатки растений [12]. Установлено, что активность почвенной биоты зависит от фор-

мы, вида минеральных удобрений, сочетания элементов питания в них и дозы [10–14].

Обязательным компонентом наземных экосистем являются почвенные водоросли. Наиболее распространены представители четырех отделов: из эукариотов – зеленые (*Chlorophyta*), желто-зеленые (*Xanthophyta*) и диатомовые (*Diatomeae*) водоросли, из прокариотов – цианобактерии (*Cyanobacteria*), или сине-зеленые водоросли. Реже встречаются пиррофитовые, эвгленовые, золотистые и красные водоросли.

Около 1195 видов водорослей встречаются в почвах России [15]. Они являются автотрофной частью почвы, активно взаимодействуя с компонентами биоценоза. Функционал почвенных водорослей широк: гумусонакопление, транслокация элементов питания, участие в процессах почвообразования [16–17]. В целинных почвах умеренной полосы России водоросли накапливают биологический азот в количестве 17–24 кг/га. Особенностью ценозов почвенных водорослей являются дополнительные характеристики почвы, дающие возможность заметить начинающиеся в ней изменения, в том числе и антропогенные. Таким образом, почвенные водоросли могут быть использованы для биоиндикации и биотестирования почвы [18]. Преимущество водорослей как инструмента мониторинга перед гетеротрофной микрофлорой состоит в том, что они легко исследуются микроскопированием [15, 18].

Цель исследования – изучение реакции альгофлоры чернозема выщелоченного на агротехнологию с разным уровнем применения средств химизации в зернотравяном севообороте.

Задачи: выявление действия и последствия минеральных и органических удобрений на альгофлору почвы, определение наиболее чувствительной группы водорослей на агрохимическую нагрузку почвы.

Объекты и методы. Объектом исследования была численность альгофлоры чернозема выщелоченного в зависимости от интенсивности применения средств химизации в зернотравяном севообороте. Стационарный многофакторный опыт был заложен в 1986 г. в южной лесостепной зоне Западной Сибири на основе шестипольного зернотравяного севооборота, развернутого во времени и пространстве (люцерна 3 г.ж. – пшеница – пшеница – овес), методом расщепленных делянок по схеме 3×2×2, повторность вариан-

тов – 4-кратная. Изучались три фактора: средства химизации (минеральные удобрения в умеренной и повышенной дозах отдельно и в комплексе с гербицидами), навоз, солома. На их основе при отдельном внесении и в различных сочетаниях оценивались технологии возделывания сельскохозяйственных культур: биологическая, комбинированная и интенсивная. Минеральные удобрения вносились локально до посева. Почвенный гербицид «Трефлан» применяли перед посевом люцерны для защиты от однолетних злаковых и некоторых двудольных сорняков. Навоз КРС в дозе 10 т/га севооборотной площади вносили после уборки замыкающей севооборот культуры осенью, под основную обработку почвы. Солома вносилась после уборки зерновых в количестве, соответствующем урожаю в вариантах опыта [14].

Опытный полигон представлен черноземом выщелоченным среднемощным тяжелосуглинистым со следующими характеристиками: содержание гумуса (по Тюрину) – 6,4–6,6 %, валовых форм азота и фосфора – 0,32 и 0,20 %, подвижных фосфора и калия – 104–119 и 350–420 мг/кг почвы (по Чирикову) соответственно, рН – 6,5–6,7.

Отбор альгологических проб проводился специальным буром в поверхностном слое почвы с повторностями на каждом варианте опыта в фазу бутонизации – начало цветения люцерны в 2000–2003 гг. Для оценки влияния средств химизации использовали количественный показатель, применяемый в альгологии, – численность клеток цианобактерий и почвенных водорослей, включая зеленые, желто-зеленые и диатомовые. Число клеток определяли методом прямого счета на микроскопе МБИ-6 [18]. Обработку результатов вели методом С.И. Виноградского в модификации Э.А. Штиной с дополнениями К.А. Некрасовой и Е.А. Бусыгиной [19].

Результаты и их обсуждение. Исследования, проведенные в стационарном опыте, показали, что максимальная общая численность живых клеток (102,4 тыс. клеток/г почвы) отмечена в почве на неудобренном фоне минерального питания. При внесении минеральных удобрений в дозе N₂₀P₉₀ общая численность водорослей снизилась на 29 %, в варианте N₄₀P₁₂₀K₄₀ в комплексе со средствами защиты растений («Трефлан») от сорной растительности – на 70 % в сравнении с неудобренным фоном (табл. 1).

Таблица 1

Численность цианобактерий и почвенных водорослей под люцерной первого года вегетации в зависимости от применения минеральных и органических удобрений, тыс. клеток/г почвы

Внесено удобрений, кг д.в./га	Органические удобрения	Систематическая группа			Общая численность
		Зеленые и желто-зеленые	Сине-зеленые	Диатомовые	
Биологическая технология					
Без удобрений	Контроль	91,4	5,5	5,5	102,4
	Навоз	96,7	–	–	96,7
	Солома	81,7	5,1	3,3	95,6
	Навоз+солома	90,5	–	5,5	96,0
Комбинированная технология					
N ₂₀ P ₉₀	Контроль	62,3	3,3	7,2	72,8
	Навоз	70,9	–	–	70,9
	Солома	54,6	–	3,3	57,9
	Навоз+солома	66,7	–	3,3	70,0
Интенсивная технология					
N ₄₀ P ₁₂₀ K ₄₀ + гербициды	Контроль	25,6	–	5,6	31,2
	Навоз	49,5	5,5	5,5	60,5
	Солома	45,6	6,2	5,5	57,3
	Навоз+солома	51,3	7,2	8,8	67,3

Здесь и далее: прочерк – отсутствие клеток водорослей.

Внесение минеральных удобрений и средств защиты растений уменьшило общую численность живых клеток водорослей с 102,4 до 31,2 тыс. клеток/г почвы. Это связано с ингибированием их роста минеральными веществами и гербицидом. К тому же мощная биомасса растений на удобренных фонах затеняет почву, снижая тем самым фотосинтетическую продуктивность водорослей.

Использование органических удобрений (навоза, соломы) фактически не повлияло на численность живых клеток водорослей в почве при использовании биологической и комбинированной

технологий в сравнении с контролем. Однако следует отметить, что внесение органических удобрений не сняло депрессирующего действия азотно-фосфорных удобрений на альгофлору почвы. На фоне N₄₀P₁₂₀K₄₀ + гербициды применение навоза и соломы способствовало увеличению численности почвенных водорослей на 84–114 % по отношению к удобренному контролю.

Для оценки последствий внесения минеральных, органических удобрений и гербицидов на альгофлору чернозема выщелоченного были выполнены исследования почвы под люцерной третьего года вегетации (табл. 2).

Таблица 2

Численность цианобактерий и почвенных водорослей под люцерной третьего года вегетации в зависимости от применения минеральных и органических удобрений, тыс. клеток/г почвы

Внесено удобрений, кг д.в./га	Органические удобрения	Систематическая группа			Общая численность
		Зеленые и желто-зеленые	Сине-зеленые	Диатомовые	
1	2	3	4	5	6
Биологическая технология					
Без удобрений	Контроль	63,8	9,2	19,0	92,0
	Навоз	104,3	13,5	20,3	138,1
	Солома	99,9	17,6	37,2	154,7
	Навоз+солома	161,6	9,6	48,1	219,3

1	2	3	4	5	6
Комбинированная технология					
N ₂₀ P ₉₀	Контроль	200,1	13,4	25,0	238,5
	Навоз	160,1	25,7	25,7	211,4
	Солома	188,1	–	2,9	191
	Навоз+солома	201,2	–	14,2	215,4
Интенсивная технология					
N ₄₀ P ₁₂₀ K ₄₀ + гербициды	Контроль	210,7	–	8,7	219,2
	Навоз	102,8	–	5,9	108,7
	Солома	109,7	–	11,5	121,2
	Навоз+солома	79,4	–	8,5	87,9

Общая численность живых клеток водорослей в варианте без удобрений составила 92,0 тыс. клеток/г почвы. На второй год последствия применения минеральных удобрений, а также минеральных удобрений и гербицидов токсикологического эффекта на альгофлору почвы не наблюдалось, напротив, отмечено увеличение биогенности почвы. Количество почвенных водорослей возросло на 159 и 138 % соответственно. Сравнение численности живых клеток в почве под люцерной первого года вегетации с аналогичными вариантами показало увеличение их на 228 % в варианте N₂₀P₉₀ и на 603 % в варианте N₄₀P₁₂₀K₄₀. Последствие органических удобрений в большей степени проявилось на фоне биологической технологии. Применение навоза и соломы как отдельно, так и в сочетании было достаточно эффективно.

Максимальная численность клеток почвенных водорослей наблюдалась в варианте навоз + солома – 219,3 тыс. клеток/г почвы. Это выше на 138 %, чем в варианте без удобрений. Для вариантов раздельного внесения навоза и соломы количество клеток увеличилось на 50 и 68 % к контролю соответственно. На интенсивном (N₄₀P₁₂₀K₄₀ + гербициды) и комбинированном (N₂₀P₉₀) фонах численность клеток почвенных водорослей в этих же вариантах изменилась незначительно.

Из рисунка 1 видно увеличение численности клеток почвенных водорослей при внесении навоза и соломы и стимулирующее влияние органических удобрений на количество клеток на второй год последствия агрохимических средств.

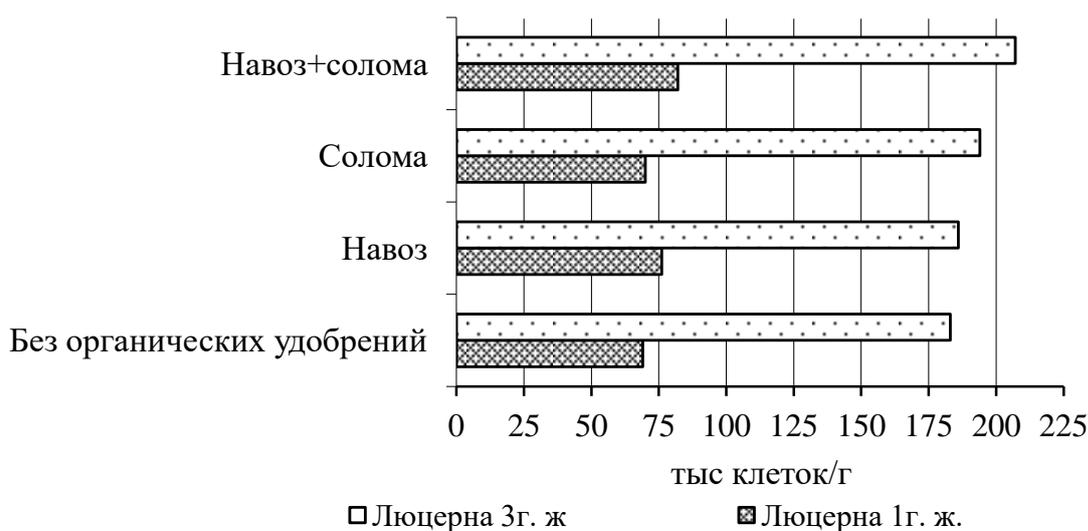


Рис. 1. Численность цианобактерий и почвенных водорослей под люцерной первого и третьего года вегетации в зависимости от вида органических удобрений, тыс. клеток/г почвы

Доминирующее место в общей численности альгогруппировки черноземной почвы под люцерной третьего года вегетации принадлежит виду зеленых и желто-зеленых водорослей, их доля составляет 66–97 % от общего количества. Наиболее чувствительной группой водорослей к агрохимикатам являются синезеленые (цианобактерии).

Интегральным показателем эффективности применения агрохимических средств является

урожайность сельскохозяйственных культур. Научно обоснованный выбор вида, дозы и срока использования их позволяет получить максимальный прирост растениеводческой продукции и контролировать экологическое состояние агроценоза [20–26]. В исследованиях установлено положительное влияние удобрений, с увеличением суммарной их дозы урожайность сухого вещества люцерны возрастала на 0,24–0,58 т/га (рис. 2).

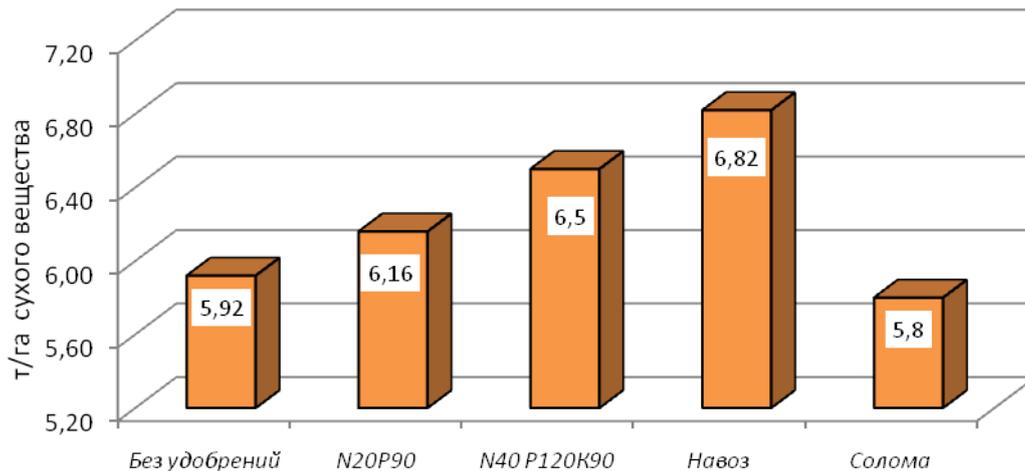


Рис. 2. Влияние минеральных и органических удобрений на урожайность люцерны третьего года вегетации (НСР₀₅ частных средних – 0,21 т/га сухого вещества)

Максимальный прирост урожайности культуры получен от последствия навоза КРС в дозе 10 т/га севооборотной площади – 0,90 т/га сухого вещества. Солома не оказывала существенного влияния на продуктивность люцерны. Минимальное проявление дигрессии альгогруппировки почвы на второй год последствия агрохимических средств подтверждает их экологическую безопасность, а прирост урожайности культуры – эффективность.

Заключение. Краткая характеристика биогенности чернозема выщелоченного и анализ имеющихся материалов по влиянию агрохимических средств на микробиологические процессы в почве свидетельствуют о дигрессии численности клеток водорослей непосредственно в год внесения; на второй и третий год вегетации люцерны численность альгогруппировки почвы под культурой значительно увеличилась. Установлено, что от общего количества живых клеток на долю зеленых и желто-зеленых приходилось 66–97 %. Наиболее чувствительной группой водорослей на применение средств хими-

зации являлись синезеленые (цианобактерии). Определение численности водорослей почвы позволяет проводить экологический мониторинг безопасности и целенаправленный контроль эффективности применения минеральных, органических удобрений и средств защиты растений в агроценозе.

Список источников

1. Миненко А.К. Регулирование биологической активности дерново-подзолистых почв (на примере Центральные районы Нечерноземной зоны): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 03.00.27. М., 1991. 41 с.
2. Овсянников Ю.А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия. Екатеринбург, 2000. 263 с.
3. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: МГУ, 1987. 256 с.
4. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 344 с.

5. *Бабьева Н.П., Зенова Г.М.* Биология почв: учебник. 2-е изд. М.: МГУ, 1989. 336 с.
6. *Хамова О.Ф., Шулико Н.Н., Тукмачева Е.В.* Численность микроорганизмов ризосферы ячменя при длительном применении минеральных удобрений, соломы и инокуляции семян ассоциативными diaзотрофами // Омский научный вестник. 2015. № 1 (138). С. 127–131.
7. *Фрунзе Н.И.* Почвенная микробная биомасса как резерв биогенных элементов // Агрохимия. 2005. № 9. С. 20–23.
8. *Возняковская Ю.М.* Микрофлора растений и урожай. Л.: Колос, 1969. 240 с.
9. *Воронкова Н.А., Храпцов И.Ф., Хамова О.Ф.* К вопросу об оценке почвенно-микробиологических условий минерального питания сои // Сельскохозяйственная биология. 2002. № 5. С. 52–56.
10. *Наплекова Н.Н., Котова К.Н.* Биологическая фиксация азота diaзотрофами в почвах под разными сельскохозяйственными культурами // Развитие АПК азиатских территорий: тр. XI Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 25–27 июня 2008 г.) / РАСХН. Сиб. отд-ние, КемНИИСХ. Кемерово, 2008. Т. 1. С. 104–107.
11. *Селиверстова О.М., Верховцева Н.В., Кочергин А.Н.* Анализ микробоценоза почвы при внесении удобрений в севообороте методом газовой хроматографии // Плодородие. 2008. № 5 (44). С. 36–37.
12. *Мишустин Е.Н., Черепков Н.И.* Пути улучшения азотного баланса земледелия СССР // Микробиология. 1983. Т. 28, № 4. С. 16–21.
13. *Авров О.Е.* Влияние температуры и влажности почвы на разложение соломы // Использование соломы как органического удобрения. М.: Наука, 1980. С. 103–113.
14. *Воронкова Н.А.* Биологические ресурсы и их значение в сохранении почвенного плодородия и повышении продуктивности агроценозов Западной Сибири: монография. Омск: ОмГТУ, 2014. 188 с.
15. *Штина Э.А., Зенова Г.М., Манучарова Н.А.* Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.
16. *Штина Э.А., Голлербах М.М.* Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 142 с.
17. *Большев Н.Н.* Об участии водорослей в образовании почв // Современное состояние и перспективы изучения почвенных водорослей в СССР. Киров, 1967. С. 23–31.
18. *Голлербах М.М., Штина Э.А.* Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.
19. *Некрасова К.А., Бусыгина Е.А.* Некоторые уточнения к методике количественного учета почвенных водорослей // Ботанический журнал. 1977. Т. 62, № 2. С. 214–222.
20. *Azarenko Yu.A.* Assessing the Fund of Strongly Bound and Mobile Forms of Zinc in the soils of agrocenoses in the forest-steppe and steppe zones of the Omsk Irtysh Land // Annals of Biology. 2019. 35 (1). P. 67–72.
21. Soil and ecological evaluation of agrochernozems of Siberia / A.A. Shpedt [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management, Applied Sciences and Technologies. 2019. Vol. 10. № 3. P. 309–318.
22. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I.A. Bobrenko [et al.] // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017. V. VIII, Is. 2(24). P. 426–436.
23. Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution / D.S. Nardin [et al.] // International Review of Management and Marketing. 2016. 6(4). P. 772–778.
24. Variety Trial on Tomato Hybrids in Greenhouse Conditions of the Prearal Area of Kazakhstan / E.B. Dyamurshayeva [et al.] // OnLine Journal of Biological Sciences. 2017. V.17. Is.1. P. 18–25.
25. *Shpedt A.A., Aksenova Y.V.* Soil Exhaustion Criteria for Central Siberia // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. V. 10(4). 2018. P. 870–873.
26. Agroecosystems of Krasnoyarsk Krai: Natural resource potential, environmental stability, optimization of functioning / A.A. Shpedt [et al.] // International Journal of Green Pharmacy. V. 11 (3). 2017. P. 610–614.

References

1. *Minenko A.K.* Regulirovanie biologicheskoy aktivnosti dernovo-podzolistykh pochv (na primere Central'nyh rajonov Nechernozemnoj zony): avtoref. dis. ... d-ra s.-h. nauk: 03.00.27. M., 1991. 41 s.

2. Ovsyannikov Yu.A. Teoreticheskie osnovy `ekologo-biosfernogo zemledeliya. Ekaterinburg, 2000. 263 s.
3. Zvyaginets D.G. Pochva i mikroorganizmy. M.: MGU, 1987. 256 s.
4. Mishustin E.N. Mikroorganizmy i produktivnost' zemledeliya. M.: Nauka, 1972. 344 s.
5. Bab'eva N.P., Zenova G.M. Biologiya pochv: uchebnik. 2-e izd. M.: MGU, 1989. 336 s.
6. Hamova O.F. Shuliko N.N., Tukmacheva E.V. Chislennost' mikroorganizmov rizosfery yachmenya pri dlitel'nom primenenii mineral'nyh udobrenij, solomy i inokulyacii semyan asociativnymi diazotrofami // Omskij nauchnyj vestnik. 2015. № 1 (138). S. 127–131.
7. Frunze N.I. Pochvennaya mikrobnaya biomassa kak rezerv biogennyh `elementov // Agrohimiya. 2005. № 9. S. 20–23.
8. Voznyakovskaya Yu.M. Mikroflora rastenij i urozhaj. L.: Kolos, 1969. 240 s.
9. Voronkova N.A., Hramcov I.F., Hamova O.F. K voprosu ob ocenke pochvenno-mikrobiologicheskikh uslovij mineral'nogo pitaniya soi // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2002. № 5. S. 52–56.
10. Naplekova N.N., Kotova K.N. Biologicheskaya fiksaciya azota diazotrofami v pochvah pod raznymi sel'skohozyajstvennymi kul'turami // Razvitie APK aziatskih territorij: tr. XI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Novosibirsk, 25–27 iyunya 2008 g.) / RASHN. Sib. otd-nie, KemNIISH. Kemerovo, 2008. T. 1. S. 104–107.
11. Seliverstova O.M., Verhovceva N.V., Kochergin A.N. Analiz mikrobocenoza pochvy pri vnesenii udobrenij v sevooborote metodom gazovoj hromatografii // Plodorodie. 2008. № 5 (44). S. 36–37.
12. Mishustin E.N., Cherepkov N.I. Puti uluchsheniya azotnogo balansa zemledeliya SSSR // Mikrobiologiya. 1983. T. 28, № 4. S. 16–21.
13. Avrov O.E. Vliyanie temperatury i vlazhnosti pochvy na razlozhenie solomy // Ispol'zovanie solomy kak organicheskogo udobreniya. M.: Nauka, 1980. S. 103–113.
14. Voronkova N.A. Biologicheskie resursy i ih znachenie v sohranenii pochvennogo plodorodiya i povyshenii produktivnosti agroceozov Zapadnoj Sibiri: monografiya. Omsk: OmGTU, 2014. 188 s.
15. Shtina `E.A., Zenova G.M., Manucharova N.A. Al'gologicheskij monitoring pochv // Pochvovedenie. 1998. № 12. S. 1449–1461.
16. Shtina `E.A., Gollerbah M.M. `Ekologiya pochvennyh vodoroslej. M.: Nauka, 1976. 142 s.
17. Bolyshev N.N. Ob uchastii vodoroslej v obrazovanii pochv // Sovremennoe sostoyanie i perspektivy izucheniya pochvennyh vodoroslej v SSSR. Kirov, 1967. S. 23–31.
18. Gollerbah M.M., Shtina `E.A. Pochvennye vodorosli. L.: Nauka, 1969. 228 s.
19. Nekrasova K.A., Busygina E.A. Nekotorye utochneniya k metodike kolichestvennogo ucheta pochvennyh vodoroslej // Botanicheskij zhurnal. 1977. T. 62, № 2. S. 214–222.
20. Azarenko Yu.A. Assessing the Fund of Strongly Bound and Mobile Forms of Zinc in the soils of agroceozes in the forest-steppe and steppe zones of the Omsk Irtysh Land // Annals of Biology. 2019. 35 (1). P. 67–72.
21. Soil and ecological evaluation of agroceozes of Siberia / A.A. Shpedt [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management, Applied Sciences and Technologies. 2019. Vol. 10. № 3. P. 309–318.
22. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I.A. Bobrenko [et al.] // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017. V. VIII, Is. 2(24). P. 426–436.
23. Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution / D.S. Nardin [et al.] // International Review of Management and Marketing. 2016. 6(4). P. 772–778.
24. Variety Trialon Tomato Hybrids in Greenhouse Conditions of the Prearal Area of Kazakhstan / E.B. Dyamurshayeva [et al.] // OnLine Journal of Biological Sciences. 2017. V.17. Is.1. P. 18–25.
25. Shpedt A.A., Aksenova Y.V. Soil Exhaustion Criteria for Central Siberia // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. V. 10(4). 2018. P. 870–873.
27. Agrogeosystems of Krasnoyarsk Krai: Natural resource potential, environmental stability, optimization of functioning / A.A. Shpedt [et al.] // International Journal of Green Pharmacy. V. 11 (3). 2017. P. 610–614.

Статья принята к публикации 08.04.2022 / The article accepted for publication 08.04.2022.

Информация об авторах:

Наталья Артемовна Воронкова¹, главный научный сотрудник лаборатории агрохимии; профессор, заведующая кафедрой химии; доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Вера Владимировна Леонова², кандидат биологических наук, доцент

Ольга Федоровна Хамова³, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук, доцент

Наталья Николаевна Шулико⁴, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Natalya Artemovna Voronkova¹, Chief Researcher at the laboratory of Agrochemistry; Professor, Head of the Department of Chemistry; Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Vera Vladimirovna Leonova², Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Olga Fedorovna Khamova³, Leading Researcher, Laboratory of Microbiology, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Natalia Nikolaevna Shuliko⁴, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Microbiology, Candidate of Agricultural Sciences

