



УДК 631.453

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-226-8-25-33

П.А. Котьяк, Е.В. Чебыкина,
А.Н. Воронин, Е.В. Носкова
P.A. Kotyak, E.V. Chebykina,
A.N. Voronin, E.V. Noskova

ИЗМЕНЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУЛЬТУР

CHANGES OF SOIL TOXICITY DUE TO CROPPING TECHNOLOGIES

Ключевые слова: токсичность, дерново-подзолистая почва, продуктивность.

Одним из экологически важных интегральных показателей состояния почв является её токсичность. Этот показатель особенно актуален в агроценозах, где человек в значительной мере регулирует условия произрастания растений. В статье приводятся данные о влиянии различных технологий возделывания полевых культур на их продуктивность и индекс токсичности почвы. Исследования проводились в полевом стационарном опыте на дерново-подзолистой глееватой почве. Для оценки токсического состояния почвы с различной антропогенной нагрузкой использовали метод фитотестирования с применением высших растений. Итогом результатов определения токсичности по тест-объекту являются изменения в формировании корневой системы и морфологических характеристик надземной части растения. На основании полученных результатов рассчитывались индексы токсичности оцениваемого фактора. Уровень индекса токсичности почвы опытного участка находился в пределах допустимой степени (средний индекс токсичности в целом по пахотному горизонту составлял в 2021 г. 18,70%; в 2022 г. – 21,41%). Токсичность почвы в 2021 г. как в начале, так и в конце вегетации полевых культур находилась на одном уровне (начало вегетации в слое почвы 0-20 см – ИТ = 21,00%, конец вегетации в слое почвы 0-20 см – ИТ = 16,40%). В 2022 г. на второй год действия факторов токсичность почвы к концу вегетации возросла в 3 раза до умеренной степени токсичности (начало вегетации в слое почвы 0-20 см – ИТ = 11,12%, конец вегетации в слое почвы 0-20 см – ИТ = 31,69%). Культуры с высокой интенсивностью технологий возделывания (ячмень, яровая пшеница) повышают токсичность почвы в большей степени, чем культуры, не требующие высоких доз удобрений и применения пестицидов (многолетние и однолетние травы). Исследуемые культуры формируют наибольший сбор кормовых единиц с единицы площади при возделывании их по

интенсивной технологии в сложившихся погодноклиматических условиях. С учётом гидротермических условий региона производства растениеводческой продукции можно порекомендовать интенсивную технологию с применением удобрений и средств защиты растений, т.к. получены наибольшие урожайности полевых культур.

Keywords: toxicity, sod-podzolic soil, productivity.

One of the ecologically important integral indices of soil condition is its toxicity. This index is especially relevant in the agroecosystem where people largely regulate the plant growth conditions. This paper discusses the impact of various cropping technologies on crop productivity and soil toxicity index. The studies were carried out in a stationary field experiment on sod-podzolic gleyic soil. To evaluate the toxic state of the soil under different anthropogenic load, we used the phytotesting method using higher plants. The final result of determining the toxicity of the test object is a change in the formation of the root system and morphological characteristics of the aerial part of the plant. Based on the results obtained, the toxicity indices of the factor being evaluated were calculated. The level of the soil toxicity index (TI) of the experimental plot was within the acceptable degree (the average toxicity index for the whole arable horizon was 18.70% in 2021; 21.41% in 2022). Soil toxicity in 2021, both at the beginning and at the end of the growing season of field crops, was at the same level (beginning of growing season in a soil layer of 0-20 cm - TI = 21.00%; end of growing season in a soil layer of 0-20 cm - TI = 16.40%). In 2022, on the second year of the factor action, the soil toxicity by the end of the growing season increased 3 times to a moderate degree of toxicity (beginning of growing season in the soil layer of 0-20 cm - TI = 11.12%; end of growing season in the soil layer of 0-20 cm - TI = 31.69%). The crops with high intensity of cultivation practices (barley and spring wheat) increase soil toxicity to a greater extent than the crops that do not require high rates of fertilizers and pesticides (perennial and

annual grasses). The studied crops form the largest yield of fodder units per unit area when they are grown according to intensive technology in the prevailing weather and climatic conditions. Taking into account the hydrothermal

conditions of the region of crop production, it is possible to recommend an intensive technology with the use of fertilizers and plant protection products because the highest yields of field crops were obtained.

Котьяк Полина Алексеевна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», г. Ярославль, Российская Федерация, e-mail: p.kotyak@yarcx.ru.

Чебыкина Елена Владимировна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», г. Ярославль, Российская Федерация, e-mail: chebykina@yarcx.ru.

Воронин Александр Николаевич, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», г. Ярославль, Российская Федерация, e-mail: voronin@yarcx.ru.

Носкова Екатерина Владимировна, к.с.-х.н., агроном-исследователь, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», г. Ярославль, Российская Федерация, e-mail: noskova@yarcx.ru.

Kotyak Polina Alekseevna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Yaroslavl State Agricultural University, Yaroslavl, Russian Federation, e-mail: p.kotyak@yarcx.ru.

Chebykina Elena Vladimirovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Yaroslavl State Agricultural University, Yaroslavl, Russian Federation, e-mail: e.chebykina@yarcx.ru.

Voronin Alexander Nikolaevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Yaroslavl State Agricultural University, Yaroslavl, Russian Federation, e-mail: voronin@yarcx.ru.

Noskova Ekaterina Vladimirovna, Cand. Agr. Sci., Research Agronomist, Yaroslavl State Agricultural University, Yaroslavl, Russian Federation, e-mail: noskova@yarcx.ru.

Введение

«Токсичность почвы – это свойство почвы, обусловленное наличием загрязняющих веществ и токсинов, подавлять рост и развитие высших растений (тестовый показатель). Токсичными считают почвы, которые ингибируют: прорастание семян или развитие проростков и корней на 20% и более в сравнении с контролем; стимулирующее действие (>30%), также часто свидетельствует о наличии токсичных веществ в данной почве» [1-5].

«Различные функции почв, их экология подвергаются разным формам разрушения под влиянием антропогенных факторов. Поиск сочетания агроприемов возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих снижение фитотоксического воздействия, сохранение плодородия почвы и получение высоких урожаев, имеет большое значение» [6].

Исследования В.В. Верзилина с соавторами показали, что «рациональное сочетание изучаемых комплексов биологических приемов воспроизводства плодородия почвы как и в совокупности, так и отдельно с учётом гидротермических условий зоны производства растениеводческой продукции может в значительной степени снизить интенсивность процессов воспроизводства и проявления фитотоксических свойств почвы, способствовать повышению биологической устойчивости почвенной среды, улучшить экологические условия роста и развития сельскохозяйственных культур, оптимизировать их продуктивность и производительную способность агроэкосистем» [7].

При определении токсичности почвы Е.Н. Ефремова, А.И. Беляев и Н.Ю. Петров пришли к выводу, что «в начале исследования благоприятные условия развития изучаемой культуры складывались на почвах, обработанных по отвальной обработке. По нулевой обработке наблюдали повышение токсичности почвы, что выражалось в снижении всхожести семян, массе проростков. При повторном исследовании в 2015 г. токсичность почвы по нулевой обработке снижалась по всем вариантам, всхожесть семян выросла в среднем на 5,8%. В результате накопления растительных остатков на поверхности почвы образуется верхний перегнойный слой, приводящий к постоянному проникновению воздуха в почву» [8].

«Пестициды и минеральные удобрения широко используются в современном сельском хозяйстве для повышения урожайности растений. Однако это может приводить к негативным последствиям для качества самой почвы» [9].

Так, в исследованиях М.К. Зинченко и О.В. Селицкой «биологическая токсичность отмечалась при интенсивном и высокоинтенсивном внесении минеральных удобрений. Совместное применение органических и минеральных удобрений элиминирует негативные процессы и снижает абсолютные значения токсичности, особенно это проявляется при использовании навоза» [10]. «Одной из возможных причин усиления токсичности почвы при органической и органоминеральной системах удобрения может быть увеличение концентрации тяжёлых металлов в почве» [11].

Некоторые авторы свидетельствуют, что «первоначальные продукты разложения растительных остатков соломы и корней токсичны для растений» [12]. «Однако накопление таких веществ в значительных количествах происходит только при запарке большого количества соломы, когда она разлагается в относительно анаэробных условиях. Если же растительные остатки разлагаются в условиях аэриозиса, то образующиеся продукты быстро распадаются или переходят в перегнойные вещества, не оказывающие ингибирующего влияния на растения, и поэтому после безотвальной обработки такие отрицательные последствия менее заметны, чем после отвальной» [13].

В настоящее время становится очевидным, что «характер и интенсивность антропогенной нагрузки влияют на большинство показателей свойств почв. Большое внимание должно уделяться также оценке состояния почв как базового компонента экосистемы. Загрязнение почвы токсикантами может привести к целому ряду негативных последствий: воздействию на живые организмы; нарушению экологического равновесия в почвенном биоценозе, деградации растительного сообщества, изменению физико-химических свойств почвы, снижению сельскохозяйственной продуктивности и др.» [14-17].

Крайне важно искать сочетание агроприёмов для выращивания сельскохозяйственных культур, которые могут контролировать токсическое воздействие, поддерживать и повышать плодородие почвы и давать высокие урожаи.

Таким образом, **целью** исследований было изучение влияния различных технологий возделывания культур на токсичность почвы.

В **задачи** исследования входило выявить влияние различных технологий возделывания полевых культур на проявление токсического эффекта почвы, а также влияние различных технологий возделывания на продуктивность полевых культур.

Объекты, условия

и методика проведения исследований

Исследования проводились в 2021-2022 гг. 2-факторным стационарным полевым опытом, заложенным методом расщепленных делянок с рендомизированным размещением вариантов в повторениях.

Схема 2-факторного стационарного полевого опыта (6×3).

Фактор А – культура севооборота: 1. Ячмень с подсевом многолетних трав (клеверотимофеечная смесь). 2. Многолетние травы 1-го г.п. 3. Многолетние травы 2-го г.п. 4. Яровые зерновые. 5. Однолетние травы (викоовсяная смесь). 6. Яровая пшеница.

Фактор В – технологии возделывания культур: 1. Экстенсивная технология возделывания полевых культур (Э) – вспашка; без удобрений и пестицидов. 2. Органическая технология возделывания полевых культур (О) – поверхностно-отвальная обработка почвы; без минеральных удобрений и пестицидов. В качестве органических удобрений используют сидерат (рапс), солому, скошенные многолетние травы и навоз. 3. Интенсивная технология возделывания полевых культур (И) – вспашка; внесение удобрений; защита растений от болезней, вредителей и сорняков.

Для определения токсического состояния почвы использовали метод почвенных пластинок. Степень токсичности почвы определяли по количеству проросших семян, длине проростков, а также количеству и длине корней тест-культуры (озимая рожь). Контролем служили растения, развивающиеся на смоченной водой фильтровальной бумаге [18]. Для оценки результатов была использована шкала пороговых уровней индекса токсичности: допустимая степень токсичности образца: ИТ = 0-25%; образец умеренной токсичности: ИТ = 26-70%; образец высоко токсичен: ИТ > 71%. Урожайность всех полевых культур учитывали сплошным поделочным методом с пересчётом на абсолютную чистую продукцию и стандартную влажность зерна 14% и зелёной массы 60%.

Метеорологические условия 2021-2022 гг. в целом были неблагоприятными для роста и развития полевых культур.

Результаты и их обсуждение

Сельскохозяйственные культуры в опыте возделываются в севообороте, поэтому результаты представлены по звеньям севооборота (рис. 1-4).

Лучшее состояние почвы пахотного горизонта по показателю токсичности было связано с однолетними травами, а также с многолетними травами при всех изученных технологиях возделывания. Индекс токсичности в конце вегетаци-

онного периода снижался как в 2021 г., так и в 2022 г. и не превышал ИТ = 25%, что соответствует допустимой степени токсичности. На наш взгляд, это связано с повышением биогенности почвы за счет увеличения массы микроорганизмов, ускоряющих разложение растительных остатков и очищающих почву от токсинов, что подтверждается и данными других авторов [19].

Повышение интенсивности технологий возделывания многолетних трав не приводило к усилению токсического эффекта в почве пахотного горизонта. Так, в 2022 г. при интенсивной технологии возделывания многолетних трав 1-го г.п. происходило существенное снижение

индекса токсичности до значения 4,56% в сравнении с экстенсивной технологией (ИТ = 38,42%).

Наибольшие колебания значений уровня индекса токсичности почвы в слое 0-20 см были отмечены при возделывании зерновых культур: ячменя и яровой пшеницы, причём на некоторых вариантах были существенные изменения. А.Ф. Сафонов считает, что «в почве под зерновыми культурами скапливается большее количество фенольных соединений, что и вызывает токсический эффект» [20].

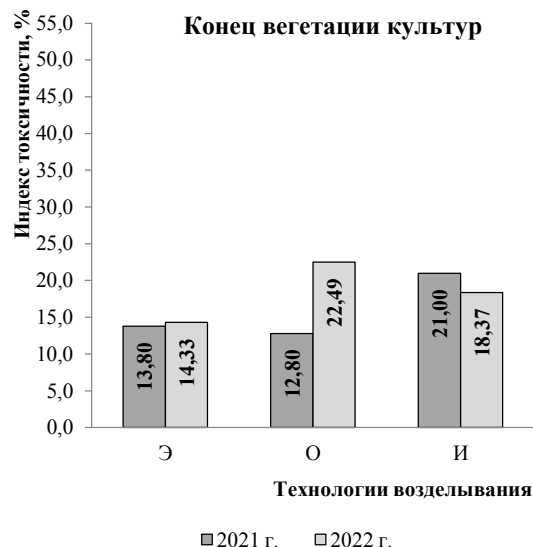
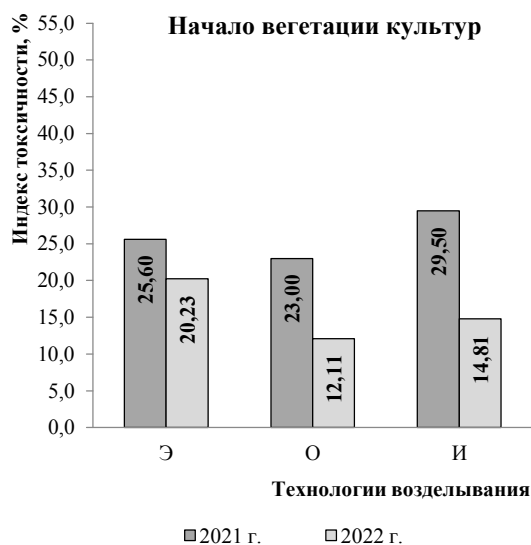


Рис. 1. Влияние различных технологий возделывания полевых культур на индекс токсичности почвы в слое 0-20 см в звене севооборота многолетних трав 1-го г.п. (2021 г.) – многолетние травы 2-го г.п. (2022 г.), %

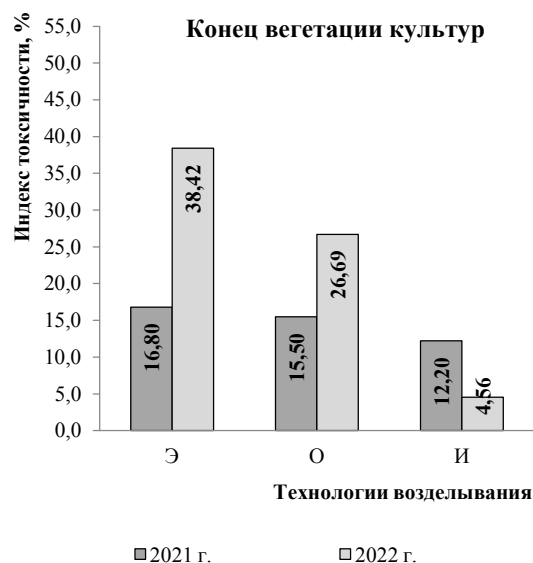
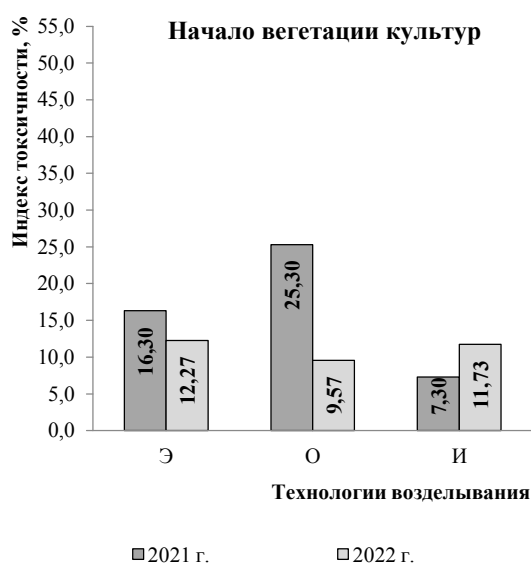


Рис. 2. Влияние различных технологий возделывания полевых культур на индекс токсичности почвы в слое 0-20 см в звене севооборота ячмень с подсевом многолетних трав (2021 г.) – многолетние травы 1-го г.п. (2022 г.), %

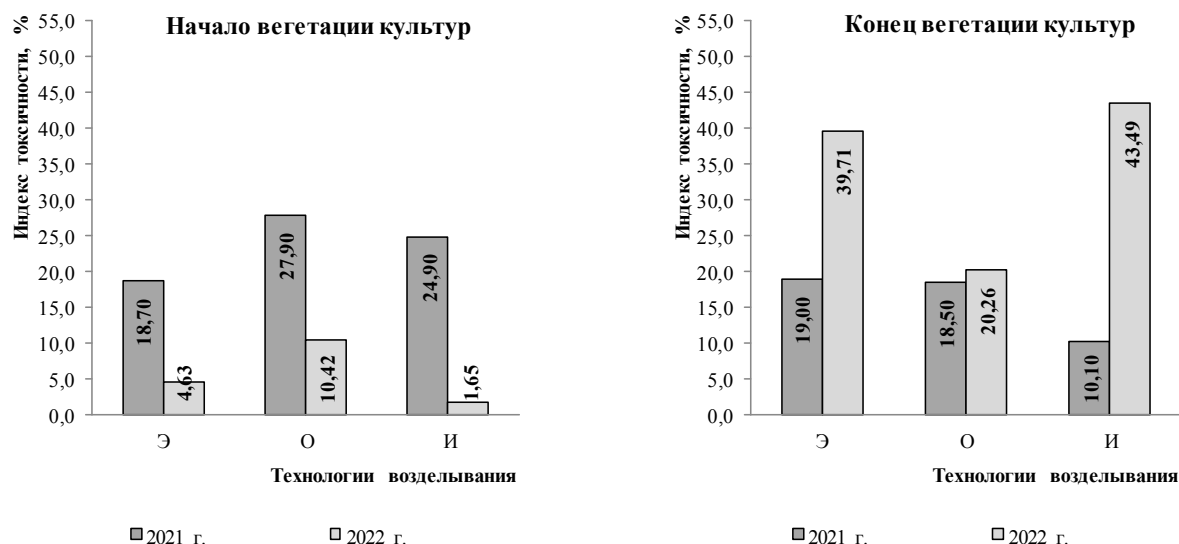


Рис. 3. Влияние различных технологий возделывания полевых культур на индекс токсичности почвы в слое 0-20 см в звене севооборота однолетние травы (2021 г.) – яровая пшеница (2022 г.), %

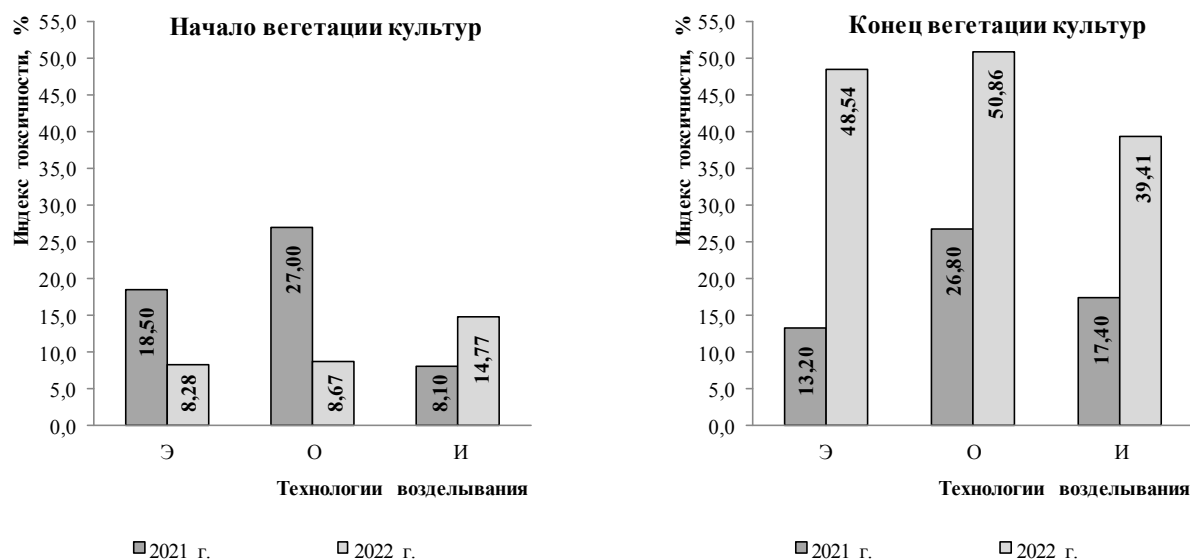


Рис. 4. Влияние различных технологий возделывания полевых культур на индекс токсичности почвы в слое 0-20 см в звене севооборота яровая пшеница (2021 г.) – ячмень с подсевом многолетних трав (2022 г.), %

Следует отметить высокую токсичность почвы в конце вегетации ячменя в 2022 г., идущего после яровой пшеницы, по всем изучаемым технологиям возделывания культуры (экстенсивная – 48,54%; органическая – 50,86; интенсивная – 39,41%). На наш взгляд, это связано с бессменным возделыванием зерновых культур на данных делянках опыта. Наибольшие значения по органической технологии обусловлены внесением соломы.

Таким образом, установлено, что токсические свойства почвы являются одним из биогенных факторов плодородия, угнетающих рост и раз-

витие сельскохозяйственных растений в агроценозах.

Сельскохозяйственные культуры, различающиеся по биологии и технологии возделывания, по-разному влияют на процессы формирования токсических свойств дерново-подзолистой глееватой почвы. Наиболее выраженное влияние оказывают злаковые культуры, в меньшей степени – многолетние травы.

Продуктивность сельскохозяйственных культур является одним из основных показателей, определяющих эффективность различных технологий возделывания (табл. 1).

При изучении урожайности исследуемых культур установлено, что она зависела от сложившихся метеорологических условий года, технологии возделывания.

В целом урожайность полевых культур находилась на невысоком уровне, что могло быть

связано с неблагоприятными погодными условиями вегетационного периода как 2021 г., так и 2022 г. Планируемая урожайность зерновых культур в 30 ц к.ед/га за годы исследований не была получена.

Таблица 1

Урожайность культур, ц к.ед/га

Технология	2021 г.		2022 г.	
	культура	урожайность культур, ц к.ед/га	культура	урожайность культур, ц к.ед/га
Экстенсивная	Ячмень с подсевом многолетних трав	11,32	Многолетние травы 1-го г.п.	29,89
Органическая		10,60		31,62
Интенсивная		15,21		46,44
Экстенсивная	Многолетние травы 1-го г.п.	–	Многолетние травы 2-го г.п.	47,75
Органическая		–		56,94
Интенсивная		–		56,94
Экстенсивная	Однолетние травы	14,02	Яровая пшеница	10,56
Органическая		12,78		9,65
Интенсивная		18,65		11,02
Экстенсивная	Яровая пшеница	7,99	Ячмень с подсевом многолетних трав	18,25
Органическая		8,42		8,08
Интенсивная		15,03		21,06
НСР ₀₅ для фактора А		8,61	Х	40,52
НСР ₀₅ для фактора В		5,45	Х	24,89

Рассматривая влияние изучаемых технологий возделывания, можно отметить, что все исследуемые культуры формировали наибольший сбор кормовых единиц с единицы площади при возделывании их по интенсивной технологии с применением удобрений и средств защиты растений в сложившихся погодно-климатических условиях годов исследования. Изменения носили характер тенденции.

Заключение

Культуры с высокоинтенсивными технологиями возделывания (ячмень, яровая пшеница) повышают токсичность почвы в большей степени, чем культуры (многолетние и однолетние травы), не требующие высоких доз удобрений и пестицидов, что подтверждает почвозащитный характер трав и их положительную роль как предшественников для других культур.

Библиографический список

1. Зинченко, М. К. Влияние уровня антропогенной нагрузки на токсичность серой лесной почвы / М. К. Зинченко, Л. Г. Стоянова. – Текст: непосредственный // Владимирский земледелец. – 2010. – № 4. – С. 26-27.

2. Коржов, С. И. Изменение микробиологической активности почвы при различных способах ее обработки / С. И. Коржов, В. А. Маслов, Е. С. Орехова. – Текст: непосредственный // АГРО XXI. – 2009. – № 1-3. – С. 22-23.

3. Максимова, Н. Б. Оценка токсичности и загрязненности почв методом фитоиндикации / Н. Б. Максимова, Г. Г. Морковкин, А. Лаврентьева. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2003. – № 2 (10). – С. 106-112.

4. Смирнов, Б. А. Влияние разных по интенсивности систем обработки и удобрений на изменение биологических показателей плодородия почвы / Б. А. Смирнов, П. А. Котьяк, Е. В. Чебыкина. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – № 10 (48). – С. 16-20.

5. Биотестирование как наиболее целесообразный метод определения интегральной токсичности почвы. – Текст: электронный. – URL: <http://www.ecolocate.ru/locats-381-2.html> (дата обращения: 28.06.2023).

6. Трояновская, Е. С. Оценка состояния почв городских территорий методом комплексного биотестирования / Е. С. Трояновская, О. В. Абро-

симова, Е. И. Тихомирова. – Текст: непосредственный // Теоретическая и прикладная экология. – 2011. – № 2. – С. 32-36.

7. Экологическая роль полевых культур в формировании фитотоксичных свойств почвы в комплексах биологизации / В. В. Верзилин, А. В. Гончаров, Е. Н. Закабунина [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 93-98.

8. Ефремова, Е. Н. Изменение биологической активности и токсичности почвы в посевах сахарной кукурузы / Е. Н. Ефремова, А. И. Беляев, Н. Ю. Петров. – DOI 10.47370/2072-0920-2022-18-4-161-171. – Текст: непосредственный // Новые технологии. – 2022. – Т. 18, № 4. – С. 161-171.

9. Влияние пестицидов и минеральных удобрений на токсичность сельскохозяйственных почв / Т. Н. Ажогина, Л. Е. Хмелевцова, Ш. К. Карчава [и др.]. – Текст: непосредственный // Здоровые почвы – гарант устойчивого развития: сборник материалов I Международной научно-практической конференции, посвященной 140-летию с момента становления почвоведения как науки и публикации фундаментального труда В. В. Докучаева «Русский чернозем». – Курск: Курский государственный университет. – 2023. – С. 84-85.

10. Зинченко, М. К. Биологическая токсичность серой лесной почвы в зависимости от систем удобрений / М. К. Зинченко, О. В. Селицкая. – Текст: непосредственный // Агрохимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 38-40.

11. Дудкина, Т. А. Токсичность почвы в чёрном пару и под культурами зернопаропропашного севооборота при разных системах основной обработки почвы и удобрений / Т. А. Дудкина, И. В. Дудкин. – Текст: непосредственный // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции. – Курск: Курская ГСХА. – 2016. – С. 96-100.

12. Оленин, О. А. Биологизация технологии возделывания яровой пшеницы и производство экологически безопасного зерна / О. А. Оленин. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2016. – № 2. – С. 8-12.

13. Ефремова, Е. Н. Влияние ресурсосберегающей обработки на биологическую активность и токсичность светло-каштановой почвы / Е. Н. Ефремова, Н. В. Тютюма, Е. А. Зенина. –

DOI 10.25230/2412-608X-2018-4-176-107-111. – Текст: непосредственный // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – № 4 (176). – С. 107-111.

14. 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: 28.06.2023).

15. Котьяк, П. А. Оценка токсичности дерново-подзолистой почвы в зависимости от применяемых агроприёмов / П. А. Котьяк, Е. В. Чебыкина, А. Н. Воронин. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы природообустройства, водопользования, агрохимии, почвоведения и экологии: материалы Всероссийской (национальной) конференции, посвященной 90-летию гидромелиоративного факультета ОмСХИ (факультета водохозяйственного строительства ОмГАУ), 55-летию факультета агрохимии и почвоведения, 105-летию профессора, доктора географических наук, заслуженного деятеля науки РСФСР Мезенцева Варфоломея Семеновича. – 2019. – С. 696-702.

16. Bansal, O. (2018). The Influence of Potentially Toxic Elements on Soil Biological and Chemical Properties. DOI: 10.5772/intechopen.81348.

17. Abhilash, P., Tripathi, V., Edrisi, et al. (2016). Sustainability of crop production from polluted lands. *Energy, Ecology and Environment*. 1. DOI: 10.1007/s40974-016-0007-x.

18. Звягинцев, Д. Г. Биология почв: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению 510700 «Почвоведение» и специальности 013000 «Почвоведение» / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – Москва: Изд-во МГУ, 2005 (ООО Алмаз). – 445 с. – ISBN 5-211-04983-7. – Текст: непосредственный.

19. Замятин, С. А. Севообороты и токсичность почвы / С. А. Замятин, В. М. Измestьев. – DOI 10.30766/2072-9081.2012.28.3.48-51. – Текст: непосредственный // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2012. – № 3 (38). – С. 48-51.

20. Сафонов, А. Ф. Фитотоксичность дерново-подзолистых почв в бессменных посевах

зерновых культур и зернового севооборота / А. Ф. Сафонов. – Текст: непосредственный // Известия ТСХА. – 1987. – № 4. – С. 38-46.

References

1. Zinchenko, M. K. Vliianie urovnia antropogennoi nagruzki na toksichnost seroi lesnoi pochvy / M. K. Zinchenko, L. G. Stoianova // Vladimirskii zemledelets. – 2010. – No. 4. – S. 26-27.
2. Korzhov, S. I. Izmenenie mikrobiologicheskoi aktivnosti pochvy pri razlichnykh sposobakh ee obrabotki / S. I. Korzhov, V. A. Maslov, E. S. Orekhova // AGRO XXI. – 2009. – No. 1-3. – S. 22-23.
3. Maksimova, N. B. Otsenka toksichnosti i zagriaznennosti pochv metodom fitoindikatsii / N. B. Maksimova, G. G. Morkovkin, A. Lavrenteva // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2003. – No. 2 (10). – S. 106-112.
4. Smirnov, B. A. Vliianie raznykh po intensivnosti sistem obrabotki i udobrenii na izmenenie biologicheskikh pokazatelei plodorodiia pochvy / B. A. Smirnov, P. A. Kotiak, E. V. Chebykina // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2008. – No. 10 (48). – S. 16-20.
5. Biotestirovanie kak naibolee tselesoobraznyi metod opredeleniia integralnoi toksichnosti pochvy. – Rezhim dostupa: <http://www.ecolocate.ru/locats-381-2.html> (data obrashcheniia: 28.06.2023).
6. Troianovskaia, E. S. Otsenka sostoiianiia pochv gorodskikh territorii metodom kompleksnogo biotestirovaniia / E. S. Troianovskaia, O. V. Abrosimova, E. I. Tikhomirova // Teoreticheskaiia i prikladnaia ekologiia. – 2011. – No. 2. – S. 32-36.
7. Ekologicheskaiia rol polevykh kultur v formirovanii fitotoksichnykh svoistv pochvy v kompleksakh biologizatsii / V. V. Verzilin, A. V. Goncharov, E. N. Zakabunina [i dr.] // Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii. – 2019. – No. 3. – S. 93-98.
8. Efremova, E. N. Izmenenie biologicheskoi aktivnosti i toksichnosti pochvy v posevakh sakharnoi kukuruzy / E. N. Efremova, A. I. Beliaev, N. Iu. Petrov // Novye tekhnologii. – 2022. – T. 18. – No. 4. – S. 161-171. – DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-4-161-171.
9. Vliianie pestitsidov i mineralnykh udobrenii na toksichnost selskokhoziaistvennykh pochv / T. N. Azhogina, L. E. Khmelevtsova, Sh. K. Karchava [i dr.] // Zdorovye pochvy – garant ustoiчивого razvitiia: sbornik materialov I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 140-letiiu s momenta stanovleniia pochvovedeniia kak nauki i publikatsii fundamentalnogo truda V. V. Dokuchaeva «Russkii chernozem». – Kursk: Kurskii gosudarstvennyi universitet, 2023. – S. 84-85.
10. Zinchenko, M. K. Biologicheskaiia toksichnost seroi lesnoi pochvy v zavisimosti ot sistem udobrenii / M. K. Zinchenko, O. V. Selitskaia // Agrokhimicheskii vestnik. – 2011. – No. 5. – S. 38-40.
11. Dudkina, T. A. Toksichnost pochvy v chernom paru i pod kulturami zernoparopashnogo sevooborota pri raznykh sistemakh osnovnoi obrabotki pochvy i udobrenii / T. A. Dudkina, I. V. Dudkin // Aktualnye voprosy innovatsionnogo razvitiia agropromyshlennogo kompleksa: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Kursk: Kurskaia GSKhA, 2016. – S. 96-100.
12. Olenin, O. A. Biologizatsiia tekhnologii vozdeleyvaniia iarovoi pshenitsy i proizvodstvo ekologicheskii bezopasnogo zerna / O. A. Olenin // Zemledelie. – 2016. – No. 2. – S. 8-12.
13. Efremova, E. N. Vliianie resursosberegaiushchei obrabotki na biologicheskuiu aktivnost i toksichnost svetlo-kashtanovoi pochvy / E. N. Efremova, N. V. Tiutiuma, E. A. Zenina // Maslichnye kultury. Nauchno-tekhnicheskii biulleten Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur. – 2018. – No. 4 (176). – S. 107-111. – DOI: 10.25230/2412-608X-2018-4-176-107-111.
14. Vodianova, M. A. Biotestirovanie i mikrobiologicheskie metody v otsenke zagriaznenii pochv / M. A. Vodianova // Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten. – 2006. – No. 8. – S. 202-206. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biotestirovanie-i-mikrobiologicheskie-metody-v-otsenke-zagryazneniy-pochv> (data obrashcheniia: 28.06.2023).
15. Kotiak, P. A. Otsenka toksichnosti dernovo-podzolistoi pochvy v zavisimosti ot primeniayemykh agropriemov / P. A. Kotiak, E. V. Chebykina, A. N. Voronin // Aktualnye problemy prirodoobustroistva, vodopolzovaniia, agrokhimii, pochvovedeniia i ekologii. Materialy Vserossiiskoi (natsionalnoi) konferentsii, posviashchennoi 90-letiiu gidromeliorativnogo fakulteta OmSKhI (fakulteta vodokhoziaistvennogo stroitelstva OmGAU), 55-letiiu fakulteta agrokhimii i pochvovedeniia, 105-letiiu professora, doktora geograficheskikh nauk, zaslužennogo deiatelia nauki

RSFSR Mezentsseva Varfolomeia Semenovich. – 2019. – S. 696-702.

16. Bansal, O. (2018). The Influence of Potentially Toxic Elements on Soil Biological and Chemical Properties. DOI: 10.5772/intechopen.81348.

17. Abhilash, P., Tripathi, V., Edrisi, et al. (2016). Sustainability of crop production from polluted lands. *Energy, Ecology and Environment*. 1. DOI: 10.1007/s40974-016-0007-x.

18. Zviagintsev, D. G. *Biologiya pochv: ucheb. dlia studentov vuzov, obuchaiushchikhsia po napravleniiu 510700 «Pochvovedenie» i spetsialnosti 013000 «Pochvovedenie»* / D. G. Zviagin-

sev, I. P. Babeva, G. M. Zenova. – Moskva: Izd-vo MGU, 2005 (ООО Алмаз). – 445 s. – ISBN 5-211-04983-7.

19. Zamiatin, S. A. Sevooboroty i toksichnost pochvy / S. A. Zamiatin, V. M. Izmetev // *Agrarnaia nauka Evro-Severo-Vostoka*. – 2012. – No. 3 (38). – S. 48-51. – DOI: 10.30766/2072-9081.2012.28.3.48-51.

20. Safonov, A. F. Fitotoksichnost dernovo-podzolistykh pochv v bessmennykh posevakh zernovykh kultur i zernovogo sevooborota / A. F. Safonov // *Izvestiia TSKhA*. – 1987. – No. 4. – S. 38-46.



УДК 630.114:631.436:630(571.150)
DOI: 10.53083/1996-4277-2023-226-8-33-40

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

ВЛАЖНОСТЬ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ПОД БЕРЕЗОВЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ И НА ПОЛЯНАХ ДЕНДРАРИЯ

MOISTURE CONTENT AND THERMOPHYSICAL REGIME OF ORDINARY CHERNOZEMS UNDER BIRCH-TREE PLANTATIONS AND ON CLEARINGS IN ARBORETUM

Ключевые слова: чернозем, березовая роща, травяной покров, влажность, теплоемкость, температуропроводность, теплопроводность.

В нагорной части г. Барнаула Алтайского края расположен дендрарий, который имеет важное значение как природоохранный компонент. В нем содержатся разнообразные древесные и кустарниковые насаждения, декоративные и цветочные культуры. Рост растений и развитие их корневой системы при этом определяются гидротермическим состоянием, формирующимся в почвенном профиле. Кроме того, теплоток и движение влаги в генетических горизонтах чернозема определяют комплекс теплофизических коэффициентов, таких как объемная теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность. Нами установлено, что в профиле черноземов обыкновенных увлажнение гумусовых горизонтов и почвообразующей породы в 2014 г. обеспечивало потребности растений в воде. С конца июня и до начала августа оно постепенно снижалось по всему профилю. Во второй декаде августа и первой декаде сентября прошедшие дожди увеличили содержание влаги в гумусовом горизонте. При этом количество влаги в почве на поляне было выше, чем под древесной растительностью. В соответствии с условиями увлажнения формировался теплофизический профиль черноземов. Объемная теплоемкость и теплопроводность в горизонте А достигали максимальных значений в начале и конце вегетации и были минимальны в условиях пониженной увлажненности.

Наибольшие значения температуропроводности чернозема имели место при ВРК. Интенсивные дожди летом 2016 г. прошли в середине лета, поэтому характер почвенного увлажнения в гумусовом горизонте чернозема изменился по сравнению с предыдущим годом. Так, под березовыми насаждениями и на поляне влажность почвы оказалась выше, чем в 2014 г. В результате максимумы объемной теплоемкости и теплопроводности были отмечены в июле в верхнем слое почвы на поляне. Наибольшее значение коэффициента температуропроводности наблюдалось в горизонте А под березовыми насаждениями при влажности, близкой к ВРК. В целом он менялся в малом диапазоне, особенно в почвообразующей породе.

Keywords: chernozem, birch grove, grass cover, moisture content, thermal capacity, thermal diffusivity, thermal conductivity.

In the upland part of the City of Barnaul, Altai Region, there is an arboretum which is of great importance as a nature protection component. It contains a variety of tree and shrub plantations, ornamental and flower crops. Plant growth and the development of plant root system are determined by the hydrothermal state that is formed in the soil profile. In addition, heat flows and moisture movement in the genetic horizons of chernozem determine a set of thermophysical coefficients as volumetric thermal capacity, thermal conductivity, and thermal diffusivity. We found that in the profile of ordinary chernozems, the moistening of