

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.95

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_1_26

EDN: LOIRNU

Эффективность технологий биоремедиации почвы в агроценозах подсолнечника

Ольга Владимировна Бондарчук^{1✉}, Алексей Сергеевич Хворостяной²,
Тамара Вячеславовна Бондарчук³

^{1,3} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара
имени А.Л. Мазлумова, Воронеж, Россия

¹ bondarchuk2910@mail.ru✉

Аннотация. Агроценозы подсолнечника являются наиболее требовательными к отсутствию сорной растительности, поэтому обработка почвы эффективными гербицидами является обязательным этапом при его выращивании. Гербициды оказывают прямое ингибирующее действие на сеgetальную растительность и косвенное – на почвенно-биотический комплекс (ПБК), их остаточные количества сохраняются в почве до двух лет при различных почвенно-климатических условиях и угнетают посевы следующих культур севооборота. Внесение биодеструкторов повышает биологическую активность почвы, контролирует развитие фитопатогенной микрофлоры, обеспечивает растения ростстимулирующими метаболитами, ускоряет вовлечение первичных органических веществ в процесс гумусообразования. На территории СХП «Воронцовское» ЗАО «Агрофирма Павловская нива» Воронежской области в 2022–2024 гг. проводились исследования с целью определения эффективности применения биодеструкторов Необактерин и Трибактерин. Высеивали гибриды подсолнечника компании «Лимагрэн», которые выращивали, применяя следующие технологии: ЛГ 5478 – классическая, ЛГ 50635 – «Чистое поле» (Clearfield), ЛГ 50479 – «Экспресс», предшественник – озимая пшеница (контроль – участки без обработки биодеструкторами). Почва опытных участков представлена черноземом выщелоченным среднесуглинистым. На вариантах опыта с применением биодеструкторов остаточное содержание имазамокса снижалось на 5,66–8,41% в сравнении с контролем, что свидетельствует о положительном воздействии биопрепарата на супрессивность почвы. При использовании технологии Clearfield заметно угнетался агроценоз ячменя – последующей культуры севооборота: урожайность снижалась на 3–5%, причем на варианте без применения биодеструктора – на 10%. В рамках классической технологии и технологии «Экспресс» действие биодеструкторов по вариантам недостоверно – показатели урожайности не превышали НСР, что объясняется тем, что в соответствии с этими технологиями применяются более мягкие гербициды, с меньшей персистентностью.

Ключевые слова: технология Clearfield (чистое поле), агроценозы подсолнечника, персистентность, биодеструкторы, биоремедиация

Для цитирования: Бондарчук О.В., Хворостяной А.С., Бондарчук Т.В. Эффективность технологий биоремедиации почвы в агроценозах подсолнечника // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 1(84). С. 26–34. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_26–34.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE, PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Efficiency of soil bioremediation technologies in sunflower agrocenosis

Olga V. Bondarchuk^{1✉}, Aleksey S. Khvorostyanoy², Tamara V. Bondarchuk³

^{1,3} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

² Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov,
Voronezh, Russia

¹ bondarchuk2910@mail.ru✉

Abstract. Sunflower agrocenosis are the most demanding for the absence of weeds, therefore, soil treatment with effective herbicides is a mandatory step in its cultivation. Herbicides have a direct inhibitory effect on segetal vegetation and an indirect effect on the soil-biotic complex (SBC), residue amounts remain in the soil for up to two

years under various soil and climatic conditions and depress plantings of the following culture in crop rotation. Biological degraders application increases soil biological activity, controls the development of phytopathogenic bacteria, provides plants with growth-stimulating metabolites, and accelerates the involvement of primary organic substances in the process of humus formation. In 2022-2024, research was conducted on the territory of Vorontsovskoye Agricultural Enterprise (subdivision of Agrofirma Pavlovskaya Niva) in Voronezh Oblast in order to determine the effectiveness of Neobacterin and Tribacterin biological degraders application. Limagrain sunflower hybrids were sown, which were grown using the following technologies: LG 5478 – Classic, LG 50635 – Clearfield, LG 50479 – Express, the preceding crop was winter wheat (control plots – without treatment with biological degraders). The soil of the experimental plots is represented by leached medium loamy chernozem. In the variants with biological degraders application, residue level of Imazamox decreased by 5.66-8.41% compared with the control, which indicates the positive effect of biological degraders on soil suppression. When using Clearfield technology, the agrocenosis of aftercrop barley, was noticeably suppressed: yields decreased by 3-5%, and in the variant without biological degraders by 10%. Within the framework of Classical technology and Express technology, the effect of biological degraders was out of statistical control as the yield indicators did not exceed the LSD, which is explained by the fact that, in accordance with these technologies, milder herbicides with lower persistence were used.

Keywords: Clearfield technology, sunflower agrocenosis, persistence, biological degraders, bioremediation

For citation: Bondarchuk O.V., Khvorostyanoy A.S., Bondarchuk T.V. Effectiveness of soil bioremediation technologies in sunflower agrocenosis. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(1):26-34. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_1_26-34.

Введение

Биоремедиация верхних слоев почвы в агроэкосистемах с применением интенсивных технологий сельскохозяйственного производства может обеспечить быстрые, экологически чистые и эффективные процессы оздоровления почвы при повышении ее биологической активности. Агроценозы подсолнечника являются наиболее требовательными к обеспечению чистоты почвенного покрова (отсутствию сорной растительности), поэтому обработка эффективными гербицидами является обязательным этапом. Гербициды оказывают прямое ингибирующее действие на сеgetальную растительность и косвенное – на почвенно-биотический комплекс (ПБК), вследствие чего исчезают чувствительные микробные популяции, обеспечивающие специфические экологические функции [6]. Гербициды влияют также на состав экссудатов растений, которые являются информационным каналом для взаимодействия с почвенным микробиомом, собственной порослью и другими растениями [2, 11].

Сохранение плодородия, гумуса и в целом здоровья почвы возможно только при условии комфортного функционирования почвенного микробиома и всего почвенно-биотического комплекса, а также регулярного поступления детрита. При внесении в почву биодеструкторов – естественных редуцентов – аборигенный микробиом усиливается, что приводит к интенсификации разложения органики. Синергетическая эффективность различных почвенных микроорганизмов и различных технологий должна рассматриваться как приоритетная тема исследования в рамках биологизации земледелия [3, 9].

Методика эксперимента

Экспериментальная работа выполнена в ЗАО «Агрофирма Павловская нива» (СХП «Воронцовское») в 2022–2024 гг. Сопровождение опыта осуществлялось специалистами АО «Август».

Землепользование предприятия находится в селе Воронцовка Павловского района Воронежской области. Почва опытных участков представлена черноземом выщелоченным среднесуглинистым со следующими характеристиками:

- гумус – 4,5–5,5%;
- pH – 5,1–5,7;
- сумма поглощенных оснований – 21,3–22,2 мг-экв/100 г почвы;
- содержание фосфора – 120–140 мг/кг;
- содержание калия – 140–175 мг/кг.

Метеорологические условия в период проведения исследования представлены на диаграмме (рис. 1).

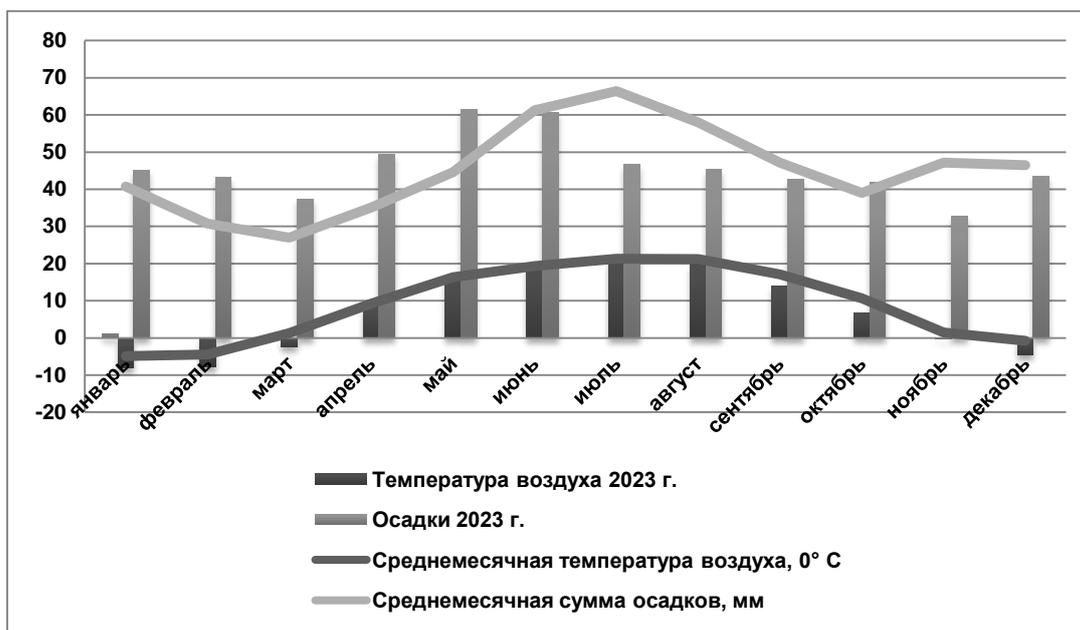


Рис. 1. Агроклиматическая характеристика территории ЗАО «Агрофирма Павловская нива», СХП «Воронцовское» по данным Павловской метеостанции

Гидротермический коэффициент варьировал в пределах от 0,9 до 1,1, что свидетельствует об умеренном увлажнении в месте проведения опыта.

В 2022 г. на участках хозяйства высевали гибриды подсолнечника компании «Лимагрэн», которые выращивали, применяя следующие технологии: ЛГ 5478 – классическая, ЛГ 50635 – «Чистое поле» (Clearfield), ЛГ 50479 – «Экспресс», предшественник – озимая пшеница.

В этих агроценозах проводились исследования эффективности применения биодеструкторов Необактерин и Трибактерин производства ООО Научно-производственного предприятия «Биотехцентр» (г. Уфа). В качестве контрольного варианта использовали участки без обработки биодеструкторами. Для сравнения эффективности препаратов применили биодеструктор Рестарт производства ООО «Бионоватик» (Казань, Татарстан), который появился на рынке в 2021 г. Это наиболее популярный на данный момент препарат в жидкой форме, содержащий *Rhodococcus erythropolis* с титром 1×10^9 КОЕ/мл [13, 14, 15].

Препараты вносили в почву двукратно: после уборки урожая и за две недели перед посевом следующей культуры, используя штанговые опрыскиватели или дождевальные машины. Схема обработки почвы биодеструкторами приведены в таблице 1.

Таблица 1. Схема обработки почвы биодеструкторами

| № варианта | Биодеструктор | Способ применения |
|------------|--------------------------|---|
| 1 | Контроль | Без внесения препаратов |
| 2 | Необактерин | Двукратная обработка почвы: после уборки урожая, до посева |
| 3 | Необактерин | Однократная обработка почвы после уборки урожая |
| 4 | Необактерин, Трибактерин | Обработка почвы после уборки урожая – Необактерин, предпосевная обработка – Трибактерин |
| 5 | Рестарт | По рекомендации производителя |

Нормы применения биодеструкторов рекомендованы производителями: Необактерин – 5 л/га в первый год, 2 л/га – в последующие; Рестарт – 2 л/га. Расположение делянок систематическое.

В 2023 г. на данных участках высевали ячмень, сорт Рапид.

Отбор проб почвы осуществляли через 365 и 545 дней после применения препаратов с участков всех вариантов опыта.

Анализировали следующие показатели:

- содержание остаточных количеств гербицидов;
- ферментативная активность почвы;
- целлюлозолитическая активность почвы;
- фитотоксичность [1].

Массовую долю остаточных количеств гербицидов в почвенных образцах определяли в сертифицированной лаборатории АО «Август» с помощью газожидкостной хроматографии. Метод газовой хроматографии используется для качественного и количественного определения пестицидов в почве, сельскохозяйственной продукции, биобъектах, основан на извлечении пестицидов из почвы, их идентификации и количественном определении их массовой доли [4, 8].

Биодиагностика состояния почвенного покрова применяется при определении общей токсичности почвы. Принцип метода биотестирования основан на зависимости между дозой токсиканта и эффектом его действия на тест-объект. Другим показателем устойчивости почвенно-биотического комплекса (ПБК) является целлюлозолитическая способность почвенной биоты. Кроме того, оценивали активность каталазы в почвенных образцах, чтобы анализировать экологическое благополучие среды обитания почвенного микробиома [1].

Результаты и их обсуждение

Для максимизации урожая в агроценозах подсолнечника, наиболее требовательной к отсутствию сорной растительности культуры, обработка эффективными гербицидами является обязательным этапом его выращивания [11]. Технология «Чистое поле» (Clearfield) (рис. 2) подразумевает посев гибридов подсолнечника, устойчивых к гербициду широкого спектра действия Евро-Лайтнинг. Следует отметить, что действующие вещества класса имидазолинонов – имзамокс (33 г/л) и имзапир (15 г/л.) – обладают более высокой токсичностью и персистентностью по сравнению с другими неселективными препаратами, сохраняют устойчивость и эффективность против сорной растительности в течение 5 месяцев.



Рис. 2. Выращивание подсолнечника по технологии Clearfield

Время сохранения пестицидов в почве зависит от погодных условий (температурного режима и количества осадков), технологии возделывания культур, а также от биологических и агрохимических почвенных показателей (ферментативная активность, кислотность почвы, гранулометрический состав и др. [11]). Однако стойкие органические загрязнители (СОЗ) с каждым новым внесением увеличивают свою концентрацию в почве, несмотря на воздействие естественных, биологических и химических, деструктивных факторов [10]. В среднем от 40 до 60% пестицидов, используемых в сельскохозяйственных целях, являются гербицидами. Последствие остаточных количеств гербицидов проявляется в угнетении всходов культуры, замедлении роста и развития [2, 12].

Биокомплекс Необактерин – микробиологический препарат, включает микроорганизмы и экстракт гуминовых веществ из органических остатков, позволяет эффективно проводить очистку сельскохозяйственных земель от стойких к разложению химических веществ – гербицидов.

На вариантах применения биодеструкторов остаточное содержание имазамокса через 365 дней после внесения в почву снижалось на 5,66–8,41% по сравнению с контролем (табл. 2), что свидетельствует о положительном воздействии биопрепарата на супрессивность почвы. Содержание имазамокса в почве через 547 дней после внесения (осень 2023 г.) оказалось за пределами чувствительности аналитических систем.

Таблица 2. Содержание имазамокса в почве через 365 и 547 дней после внесения на варианте применения технологии «Чистое поле» (Clearfield)

| № варианта | Содержание имазамокса через 365 дней, мг/кг | Отклонение от контроля, % | НСР | Содержание имазамокса через 547 дней, мг/кг |
|------------|---|---------------------------|-------|---|
| 1 | 0,0330 | 0 | 0,001 | Ниже чувствительности аналитического метода |
| 2 | 0,0302 | 8,41 | | |
| 3 | 0,0309 | 6,27 | | |
| 4 | 0,0311 | 5,66 | | |
| 5 | 0,0308 | 6,42 | | |

Однако, как известно из литературных источников, чувствительные культуры могут реагировать даже при очень низком содержании действующего вещества гербицида в почве. Отмечается снижение урожайности на 15–25% в течение 1,5–2 вегетационных сезонов. На основании экспериментальных данных производители не рекомендуют высевать сахарную свеклу даже после применения биодеструкторов. О.В. Колотова с соавт. отмечает, что после применения гербицидов класса имидазолинонов токсичность почвы возрастает в 2–9 раз в отношении таких культур, как чечевица, горох, сахарная свекла, лен, картофель, что проявляется в снижении продуктивности агроценозов. Свекла, горчица, рапс реагируют на присутствие 0,01–0,8 мг/кг препаратов в почве [5].

Для контроля состояния почв, выявления негативного техногенного воздействия целесообразно использовать методы биодиагностики, биоиндикации и биомониторинга почв.

В данной работе оценивали активность каталазы в почвенных образцах и токсичность методом биотестирования (табл. 3). Этот метод в дополнение к аналитическим методам дает более полное представление об экологическом состоянии почвы [7]. Образцы почвы отбирались на всех вариантах на глубине пахотного слоя 0–10 см в первой декаде сентября 2023 г.

Таблица 3. Биодиагностика почвы

| № варианта | Технология возделывания подсолнечника | | | | | | | | |
|------------|--|-----------------------------------|--------------------|--|-----------------------------------|--------------------|--|-----------------------------------|--------------------|
| | Классическая | | | «Чистое поле» (Clearfield) | | | «Экспресс» | | |
| | Активность каталазы, мл O ₂ /г почвы за мин | Целлюлозолитическая активность, % | Фитотоксичность, % | Активность каталазы, мл O ₂ /г почвы за мин | Целлюлозолитическая активность, % | Фитотоксичность, % | Активность каталазы, мл O ₂ /г почвы за мин | Целлюлозолитическая активность, % | Фитотоксичность, % |
| 1 | 4,5 | 34 | 7 | 3,5 | 32 | 10 | 4,3 | 35 | 6 |
| 2 | 4,7 | 40 | 3 | 3,7 | 35 | 5 | 4,4 | 35 | 5 |
| 3 | 5,0 | 40 | 5 | 4,0 | 34 | 5 | 4,4 | 34 | 6 |
| 4 | 4,8 | 41 | 4 | 4,0 | 38 | 4 | 4,5 | 37 | 5 |
| 5 | 4,8 | 38 | 5 | 4,0 | 38 | 7 | 5,0 | 40 | 4 |

В целом биологические показатели различались по вариантам незначительно, что демонстрирует примерную однородность почвенного покрова в хозяйстве. На варианте применения технологии «Чистое поле» (Clearfield) активность каталазы была ниже на 10–25% по сравнению с вариантами применения классической технологии и «Экспресс», что обусловлено применением гербицида Евро-Лайтнинг с более токсичными действующими веществами имазамокс и имазапир. Отклонения активности каталазы по сравнению с контролем (вариант без биопрепарата) составляли от 2 до 16% только на варианте технологии Clearfield. На вариантах применения других технологий изменения не показательны.

Целлюлозолитические процессы в среднем протекали равномерно по всем вариантам, ни на одном из участков не были отмечены ни резкие ускорения, ни ингибирование микробиологических процессов.

Фитотоксичность всех образцов почв, определенная методом биотестирования, практически равнялась нулю, так как длина корня проростков редиса отличалась от контрольного варианта на 5–8%, что не имеет значения для данного метода, так как не превышало допустимую погрешность. Незначительные отклонения в длине корня при прорастании редиса были обусловлены, по-видимому, малым периодом контакта загрязненной почвы с биотестом (семенами редиса). Более показательным проявлением фитотоксичности является ингибирование урожайности ячменя – последующей культуры в севообороте после подсолнечника.

Основным критерием эффективности и безопасности применения средств защиты растений и других препаратов является развитие продуцентов агроценоза, продуктивность фитоценоза и качество получаемой продукции.

Технология возделывания подсолнечника оказывала существенное влияние на последующие звенья в севообороте. При технологии «Чистое поле» (Clearfield) заметно угнетался агроценоз ячменя, урожайность которого снижалась на 3–5% (без применения биодеструктора – на 10%). Однако в рамках одной технологии (как классической, так и «Экспресс») различия между значениями показателей действия биодеструктора недостоверны (статистически не значимы), так как разница между показателями не превышала наименьшую существенную разность (НСР) (табл. 4). Это объясняется тем, что используемые в этих технологиях гербициды более мягкие, с меньшей персистентностью. Кроме того, погодные условия не позволили получить достоверные и наглядные результаты опыта. Обильные осадки осени 2022 г. и весны 2023 г. снизили эффективность биодеструктора.

Таблица 4. Урожайность ячменя, ц/га

| № варианта | Технология возделывания подсолнечника | | | | | | | | | |
|------------|---------------------------------------|---------|-------------|----------------------------|---------|-------------|------|-------------|---------|-------------|
| | Классическая | | | «Чистое поле» (Clearfield) | | | | «Экспресс» | | |
| | Урожайность | Средняя | Прибавка, % | Урожайность | Средняя | Прибавка, % | НСР | Урожайность | Средняя | Прибавка, % |
| 1 | 33,5 | 33,4 | 0,0 | 30,1 | 30,0 | 0,0 | 0,44 | 33,0 | 32,9 | 0,0 |
| | 33,4 | | | 29,9 | | | | 32,9 | | |
| 2 | 33,3 | 33,4 | -0,1 | 32,1 | 32,2 | 7,3 | | 33,2 | 33,2 | 0,9 |
| | 33,5 | | | 32,3 | | | | 33,3 | | |
| 3 | 33,4 | 33,3 | -0,3 | 31,6 | 31,50 | 5,0 | | 33,2 | 33,1 | 0,6 |
| | 33,3 | | | 31,4 | | | | 33,1 | | |
| 4 | 33,2 | 33,4 | -0,1 | 31,7 | 31,8 | 6,0 | | 33,3 | 33,3 | 1,2 |
| | 33,6 | | | 31,9 | | | | 33,4 | | |
| 5 | 33,5 | 33,3 | -0,4 | 31,8 | 31,6 | 5,5 | | 33,1 | 33,0 | 0,3 |
| | 33,1 | | | 31,5 | | | | 33,0 | | |

Изменения урожайности ячменя в результате применения биодеструкторов можно наблюдать только на варианте технологии «Чистое поле» (Clearfield), так как действующие вещества применяемого гербицида сильнее всего угнетают последующие зерновые культуры в севообороте.

Прибавка в урожайности 7,3% покрывает затраты на применение биодеструктора, но не дает желаемых результатов и прибыли. Это обусловлено тем, что год закладки опыта не был показательным, так как обильное количество осадков привело к сглаживанию результатов. Для более детальной характеристики биодеструктора требуется статистически значимые результаты в разных почвенно-климатических условиях.

Выводы

В связи с высокой персистентностью гербицидов в агроценозах подсолнечника, выращиваемого по технологии «Чистое поле» (Clearfield), целесообразно использовать биодеструкторы (Необактерин, Трибактерин, Рестарт) для уменьшения ингибирующего действия остатков гербицидов на культуры в последующих звеньях севооборота.

Внесение препарата в почву перед посевом культур повышает биологическую активность почвы, контролирует развитие фитопатогенной микрофлоры, обеспечивает растения ростстимулирующими метаболитами, ускоряет гумусообразование в процессе вегетации.

Через год после внесения биодеструкторов остаточное содержание имазамокса на вариантах опыта снижалось на 5,66–8,41% в сравнении с контролем. Данные показатели свидетельствуют о положительном действии биопрепарата на супрессивность почвы. Содержание имазамокса в почве через 547 дней после внесения гербицида оказалось за пределами чувствительности газохроматографического метода.

На варианте применения технологии «Чистое поле» (Clearfield) активность каталазы была ниже на 10–25% по сравнению с вариантами применения классической технологии и технологии «Экспресс», что обусловлено применением гербицида Евро-Лайтнинг с более токсичными действующими веществами (имазамокс и имазапир). Отклонения активности каталазы по сравнению с контролем (вариантом без применения биопрепаратов) составляли от 2 до 16% только на варианте технологии Clearfield. На вариантах применения других технологий изменения непоказательны.

Целлюлозолитические процессы в среднем протекали равномерно по всем вариантам, ни на одном из участков не были отмечены ни резкие ускорения, ни ингибирование микробиологических процессов.

Технология возделывания подсолнечника оказывала существенное влияние на последующие звенья в севообороте. При использовании технологии Clearfield заметно угнетался агроценоз ячменя – последующей культуры в севообороте после подсолнечника: урожайность снижалась на 3–5%, причем на варианте без применения биодеструктора – на 10%.

В рамках классической технологии и технологии «Экспресс» действие биодеструкторов по вариантам не достоверно – показатели урожайности не превышают наименьшую существенную разность (НСР). Это объясняется тем, в соответствии с этими технологиями применяются более мягкие гербициды, с меньшей персистентностью. Для более детальной характеристики действия биодеструкторов требуется статистически значимые результаты в разных почвенно-климатических условиях.

Список источников

1. Бондарчук О.В., Житин Ю.И., Ткачева О.А. Получение экологически безопасной сельскохозяйственной продукции в условиях радиоактивного загрязнения в районах Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 40–49. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.40.
2. Горина И.Н., Паталаха Л.М. Дegradaция гербицидов почвенного действия в посевах подсолнечника // Защита и карантин растений. 2013. № 6. С. 21–22.
3. Дедов А.А., Дедов А.В., Несмеянова М.А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота // Агрoхимия. 2016. № 6. С. 3–8.
4. Кислушко П.М., Арашкович С.А. Определение остаточных количеств имазамокса в растениях гороха, почве и воде методом газожидкостной хроматографии // Защита растений. 2017. № 41. С. 287–295.
5. Колотова О.В., Нефедьева Е.Э., Грибуст И.Р. и др. Применение микробных биотехнологий для устранения в почве остатков гербицидов классов имидазолинонов и сульфонилмочевин (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 4. С. 16–27. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-4-016-027.
6. Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф. Гербициды и экологические аспекты их применения. Москва: Либроком, 2010. 152 с.
7. Лаптев А.Б. Элементы снижения экологических рисков в защите растений // Защита растений в условиях перехода к точному земледелию: материалы международной научной конференции, посвященной 50-летию со дня основания РУП «Институт защиты растений» (Минск, 27–29 июля 2021 г.). Минск: Колорград, 2021. С. 196–199.
8. Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды. Сборник методических указаний. МУК 4.1.1217–4.1.1220–03. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. Вып. 2. Ч. 2. 71 с.
9. Русакова И.В., Осковкин И.В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата Багс и приемы повышения эффективности его применения на разных типах почв // Агрoхимия. 2016. № 8. С. 56–61.
10. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Гербициды и окружающая среда // Агрoхимия. 2000. № 1. С. 37–41.
11. Стрижков Н.И. Экологически обоснованные минимально необходимые нормы и сроки применения гербицидов на полевых культурах // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 9. С. 19–20.
12. Турусов В.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А. и др. Использование гербицидов при возделывании подсолнечника // Защита и карантин растений. 2018. № 9. С. 43–44.
13. Хворостяной А.С., Бондарчук О.В. Оценка эффективности биодеструкторов гербицидов в агроценозах // Современные достижения и перспективы развития агрономической науки: материалы международной научно-практической конференции, посвященной Десятилетию науки и технологий в Российской Федерации (Воронеж, 17–18 мая 2023 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. С. 139–143.
14. Хворостяной А.С., Бондарчук О.В. Совершенствование технологии выращивания грязового подсолнечника в ЗАО «Павловская МТС» Павловского района Воронежской области // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования: материалы IX Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (на иностранных языках) (Воронеж, апрель 2023 г.) Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. С. 27–31.
15. Хлюпина С.В. Последствие пестицидов как проявление антропогенной нагрузки на сельскохозяйственные культуры // Приоритеты агропромышленного комплекса: научная дискуссия: материалы Международной научно-практической конференции (Петропавловск, 18 марта 2022 г.). Петропавловск: Некоммерческое акционерное общество «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева», 2022. С. 285–288.

References

1. Bondarchuk O.V., Zhitin Yu.I., Tkacheva O.A. Obtaining environmentally safe agricultural products in conditions of radioactively contaminated areas in Voronezh Oblast. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(1):40-49. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.40. (In Russ.).
2. Gorina I.N., Patalakha L.M. Degradation of soil active herbicides in sunflower plants. *Plant Protection and Quarantine*. 2013;6:21-22. (In Russ.).
3. Dedov A.A., Dedov A.V., Nesmeyanova M.A. The dynamics of decomposition of vegetable residues in typical chernozem and the productivity of crop rotation. *Agrohimia*. 2016;6:3-8. (In Russ.).
4. Kislushko P.M., Arashkovich C.A. Imazamox residues determination in pea plants, soil and water by gas liquid chromatography method. *Plant Protection*. 2017;41:287-295. (In Russ.).
5. Kolotova O.V., Nefedieva E.E., Gribust I.R. et al. Application of microbial biotechnologies to eliminate residues of herbicides of imidazolinone and sulfonyleurea classes in soil (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2023;4:16-27. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-4-016-027. (In Russ.).
6. Kulikova N.A., Lebedeva G.F. Herbicides and ecological aspects of their application. Moscow: Librocom Publishers; 2010. 152 p. (In Russ.).
7. Laptiev A.B. Elements of reducing environmental risks in plant protection. In: Plant protection in the transition to precision farming: Proceedings of International Research Conference, dedicated to the 50th anniversary of Republican Unitary Enterprise "Plant Protection Institute" (Priluki, July 27-29, 2021). Minsk: Colorgrad Publishers; 2021:196-199. (In Russ.).
8. Determination of residual amounts of pesticides in food products, agricultural raw materials and environmental objects. Collection of Methodical Guidelines. CMG 4.1.1217–4.1.1220–03. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor Publishers; 2005;2(2). 71 p. (In Russ.).
9. Rusakova I.V., Oskovkin V.V. The microbial degradation of straw under the influence microbial preparation bags and techniques improve its efficiency on different types of soils. *Agrohimia*. 2016;8:56-61. (In Russ.).
10. Spiridonov Yu.Ya., Shestakov V.G. Herbicides and the environment. *Agrohimia*. 2000;1:37-41. (In Russ.).
11. Strizhkov N.I. Environmentally sound minimum necessary standards and terms for application of herbicides on field crops. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2007;9:19-20. (In Russ.).
12. Turusov V.I., Garmashov V.M., Nuzhnaya N.A. et al. Use of herbicides during the sunflower growing. *Plant Protection and Quarantine*. 2018;9:43-44. (In Russ.).
13. Khvorostyanoy A.S., Bondarchuk O.V. Evaluation of the effectiveness of herbicide biodestructors in agroecos. In: Modern Achievements and Prospects for the Development of Agronomic Science: Proceedings of International Research-to-Practice Conference dedicated to the Decade of Science and Technology in the Russian Federation (Voronezh, May 17-18, 2023). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2023:139-143. (In Russ.).
14. Khvorostyanoy A.S., Bondarchuk O.V. Improvement of the technology of cultivation of rodent sunflower in Pavlovskaya Machinery and Tractor Station of Pavlovsk District of Voronezh Oblast. In: Urgent Issues of Agricultural Science, Production and Education: Proceedings of the IX International Research-to-Practice Conference of Young Scientists and Specialists (in foreign languages) (Voronezh, April 2023). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2023; 27-31. (In Russ.).
15. Khlyupina S.V. The aftereffect of pesticides as a manifestation of anthropogenic stress on agricultural crops. In: Priorities of the Agro-Industrial Complex: Scientific Discussion: Proceedings of International Research-to-Practice Conference (Petropavlovsk, March 18, 2022). Petropavlovsk: Non-Profit Limited Company "Manash Kozybayev North Kazakhstan University" Publishers; 2022:285-288. (In Russ.).

Информация об авторах

О.В. Бондарчук – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», bondarchuk2910@mail.ru.

А.С. Хворостяной – и.о. главного агронома ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», khvorostals@mail.ru.

Т.В. Бондарчук – обучающийся, факультет ветеринарной медицины и технологии животноводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», i@btv3092.ru.

Information about the authors

O.V. Bondarchuk, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, bondarchuk2910@mail.ru.

A.S. Khvorostyanoy, Acting Chief Agronomist, Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar unamed after A.L. Mazlumov, khvorostals@mail.ru.

T.V. Bondarchuk, Student, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Husbandry Technology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, i@btv3092.ru.

Статья поступила в редакцию 16.11.2024; одобрена после рецензирования 26.12.2024; принята к публикации 14.01.2025.

The article was submitted 16.11.2024; approved after reviewing 26.12.2024; accepted for publication 14.01.2025.

© Бондарчук О.В., Хворостяной А.С., Бондарчук Т.В., 2025