

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-161-171>

УДК 633.152:631.4

© 2022

Поступила 18.11.2022

Received 18.11.2022



Принята в печать 22.12.2022

Accepted 22.12.2022

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ

Елена Н. Ефремова<sup>1\*</sup>, Александр И. Беляев<sup>2</sup>, Николай Ю. Петров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»;

пр. Университетский, д. 26, г. Волгоград, 400002, Российская Федерация

<sup>2</sup> Федеральный научный центр «Агроэкология, комплексная мелиорация, и защитное лесоразведение»; пр. Университетский, д. 97, г. Волгоград, 400002, Российская Федерация

**Аннотация.** Количество почвенных микроорганизмов оказывает влияние на плодородие почвы, процессы, происходящие в почвенной микрофлоре. Актуальной проблемой исследования является обоснование применения интенсивных технологий возделывания сахарной кукурузы с использованием прогрессивных приемов получения высокопродуктивного урожая, базирующегося на принципах ресурсосбережения, биологизации и экологизации. Цель исследования: исследование токсичности и биологической активности почвы после посева сахарной кукурузы. Задачи: определить биологическую активность и токсичность почвы; сравнительное влияние агротехнических приемов при исследовании токсичности почвы. Опыт двухфакторный в четырехкратной повторности. Опыты проводились в КФХ Попова С.А. Черногоярского района Астраханской области. Период проведения исследований 2009...2015 гг. Определение биологической активности и токсичности проводили в начале исследования в 2009 г. и 2015 г. Согласно оценке интенсивности разрушения целлюлозы по шкале Пряженниковой О.Е. биологическую активность характеризовали как сильную. Отмечена тесная корреляционная зависимость по факторам опыта, связь между признаками высокая и прямая. При определении токсичности почвы 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.

**Ключевые слова:** биологическая активность почвы, токсичность почвы, сахарная кукуруза, целлюлозоразрушающие микроорганизмы, льняная ткань, нулевая обработка почвы, аккумуляция, растительные остатки, коэффициент корреляции, анаэробное дыхание

Для цитирования: Ефремова Е.Н., Беляев А.И., Петров Н.Ю. Изменение биологической активности и токсичности почвы в посевах сахарной кукурузы // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 4. С. 161-171. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-161-171>

## CHANGES IN SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY AND TOXICITY IN SUGAR CORN CROPS

Elena N. Efremova<sup>1\*</sup>, Alexander I. Belyaev<sup>2</sup>, Nikolai Y. Petrov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FSBEI HE «Volgograd State Agrarian University»;

26 Universitetsky Ave., Volgograd, 400002, the Russian Federation

<sup>2</sup> Federal Research Center «Agroecology, integrated reclamation, and protective afforestation»;

97 Universitetsky Ave., Volgograd 400002, the Russian Federation

**Abstract.** The number of soil microorganisms affect the fertility of the soil and the processes occurring in the soil microflora. An urgent research problem is the rationale for the use of intensive technologies for the cultivation of sweet corn using progressive methods for obtaining a highly productive crop based on the principles of resource conservation, biologization and ecologization. The purpose of the research is to study the toxicity and biological activity of the soil after sowing sweet corn. The tasks are to determine the biological activity and toxicity of the soil, and comparative impact of agricultural practices in the study of soil toxicity. Two-factor experiment in quadruple repetition. The experiments were carried out on the farm enterprise of Popov S.A., the Chernoyarsky district of the Astrakhan region. The research period was 2009...2015. Determination of biological activity and toxicity was carried out at the beginning of the research in 2009 and 2015. According to the assessment of the intensity of the destruction of cellulose on O.E. Pryazhnikova's scale biological activity was characterized as strong. A close correlation dependence on experience factors was noted, the relationship between the signs was high and direct. When determining the toxicity of the soil, we came to the conclusion that at the beginning of the research favorable conditions for the development of the studied crop were formed on soils cultivated by moldboard cultivation. According to zero tillage, an increase in soil toxicity was observed, which was expressed in a decrease in seed germination, the mass of seedlings. Revisited in 2015. Soil toxicity after zero tillage decreased in all variants, seed germination increased, on average, by 5...8%. As a result of the accumulation of plant residues on the soil surface, an upper humus layer was formed, leading to a constant penetration of air into the soil.

**Keywords:** soil biological activity, soil toxicity, sweet corn, cellulose-degrading microorganisms, linen fabric, no-tillage, accumulation, plant residues, correlation coefficient, anaerobic respiration

**For citation:** Efremova E.N., Belyaev A.I., Petrov N.Yu. Changes in biological activity and toxicity of soil in sweet corn crops // New technologies. 2022. V. 18, No. 4. P. 161-171. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-4-161-171>

**Введение.** Все чаще высказываются мнения о необходимости сочетания микробиологического анализа с другими методами, позволяющими судить о биологическом состоянии почвы [1; 2].

Веденяпина Н.С., Мамина Г.А. [3] считали, что в почве постоянно идут два противоположных процесса: с одной – определяющие эффективное плодородие и биологическую активность почвы (процессы минерализации, выделение

витаминов, ферментов и других физиологически активных веществ), с другой стороны – нежелательная деятельность микробов-ингибиторов, которые вызывают биологическую токсичность почвы, снижают ее плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур.

Исследования также показали, что излишняя кислотность подавляет деятельность полезной микрофлоры в почве. В то же время развиваются многие бактерии и грибы, которые выделяют ядовитые для растений вещества [4].

Калмыкова Е.В. отмечала, что «...почвенные микроорганизмы могут оказывать не только положительное влияние на плодородие почвы и развитие растений, но и отрицательное влияние на биологические свойства почвы из-за способности некоторых представителей почвенной микрофлоры синтезировать фитотоксические вещества...» [5].

Тестирование активности различных групп почвенных микроорганизмов в почвах можно определить при помощи различных аппликационных методов. Уменьшение сухой массы льняного полотна является показателем работы целлюлозоразрушающих микроорганизмов, что сказывается на параметрах биологической активности микроорганизмов в почве [6; 7].

По данным Ульяновского НИИСХ (2006) поверхностная обработка почвы положительно влияла на активность почвенных целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Степень разложения льняного полотна за вегетацию озимой пшеницы составила в этих вариантах 45,7...48,9% против контроля 45,4%. Процесс разложения льняной ткани в опыте с яровой пшеницей проходил менее интенсивно [8].

Актуальной проблемой исследования является обоснование применения интенсивных технологий возделывания сахарной кукурузы с использованием прогрессивных приемов получения высокопродуктивного урожая, базирующегося

на принципах ресурсосбережения, биологизации и экологизации.

*Цель исследования:* исследование токсичности и биологической активности почвы после посева сахарной кукурузы.

*Задачи:* определить биологическую активность и токсичность почвы; сравнительное влияние агротехнических приемов при исследовании токсичности почвы.

*Методы исследования.* В полевом многолетнем стационарном опыте, заложенном осенью 2008 года, было изучено возделывание сахарной кукурузы по отвальной (рекомендованной научными учреждениями региона) и нулевой обработке почвы. В течение исследования в вариантах опыта проводились исследуемые обработки почвы. Внедрение нулевой обработки почвы – сложный долгий процесс, результаты которого заметны только через 5...7 лет. Одна и та же обработка проводилась в течение исследуемого периода. В связи с тем, что область, в которой проводили исследование, относится к засушливым, с резко выраженной континентальностью, принято решение опыты закладывать с применением капельного орошения. В связи с тем, что исследование проводилось с минеральными удобрениями, которые шлакуют (загрязняют) почву, было принято решение исследовать токсичность почвы.

Предшественником сахарной кукурузы была озимая пшеница. Опыт двухфакторный в четырехкратной повторности. Опыты проводились в КФХ Попова С.А. Черноярского района Астраханской области. Период проведения исследований 2009...2015 гг.

Варианты Фактора А:

1 вариант: контроль – отвальная обработка почвы.

2 вариант: нулевая обработка почвы.

Фактор В – биостимуляторы и минеральные удобрения для повышения полевой всхожести и повышения

| Фактор В  | Сахарная кукуруза                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------|
| Вариант 1 | Контроль (без биостимулятора и минеральных удобрений) |
| Вариант 2 | Мивал Агро*                                           |
| Вариант 3 | $N_{180}P_{128}K_{68}$                                |
| Вариант 4 | Мивал Агро + $N_{180}P_{128}K_{68}$                   |

\* – инкрустация семян сахарной кукурузы перед посевом биостимулятором Мивал Агро – норма расхода препарата 20 г/т. Предпосевная обработка семян. Расход рабочего раствора – 10 л/т.

\*\* – удобрения вносили в виде нитрофоски  $N_{32}P_{32}K_{32}$  одновременно с посевом, оставшаяся часть в период вегетации растений с поливной водой. Внесение удобрений было расчетным на планируемую урожайность.

роста вносились в начальные этапы развития.

Мивал-Агро – регулятор роста растений – помогает решить одну из важнейших проблем в агрономии на данный момент: отрицательное влияние стрессовых факторов на растение. В состав Мивал-Агро входит Силатран.

Определение биологической активности почвы проводили методом «аппликаций» в слое 0,0...0,3 м по методике Е.Н. Мишустина, А.Н. Петровой в 2009 и 2015 годах исследования. С помощью метода льняных полотен судят об энергии мобилизационных процессов почвы. Определение токсичности почвы проводили методом биотестов в лабораторных условиях. В качестве тест-растения использовали 25 семян яровой пшеницы.

**Результаты.** В результате воздействия на почву минеральных удобрений, различных обработок почвы наблюдали изменения в степени разложения льняного полотна. Закономерность снижения активности микроорганизмов наблюдали по нулевой обработке почвы. В первый год исследования (2009 г.) степень снижения разложения полотна в среднем составила 3,1%.

В течение трех месяцев по отвальной обработке почвы степень разложения ткани варьировала в следующих значениях: 51,7...55,8% (рисунок 1); по нулевой обработке – 48,7...51,0% (рисунок 2). Наибольший процент разложения ткани происходил в слое 0,2...0,3 м, что наблюдали на экспозиции полотна через 3 месяца исследования. Перед этим в течение двух

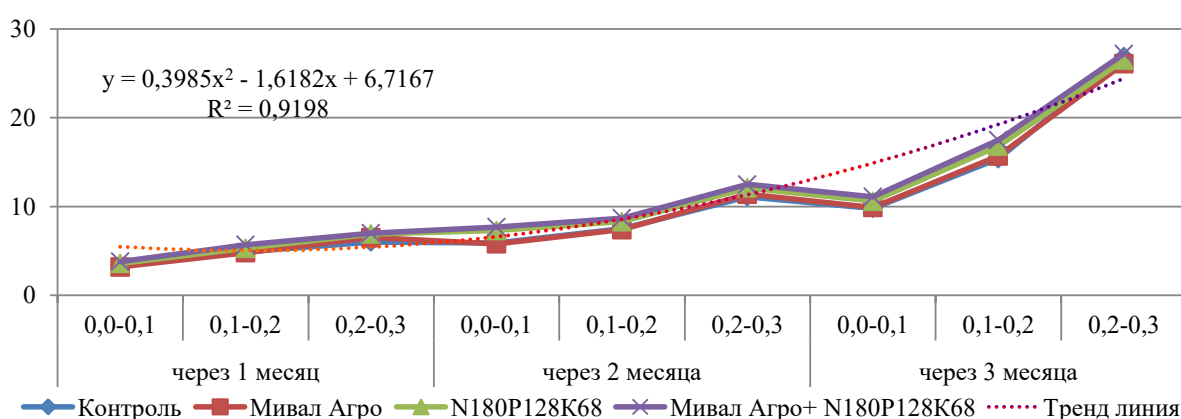
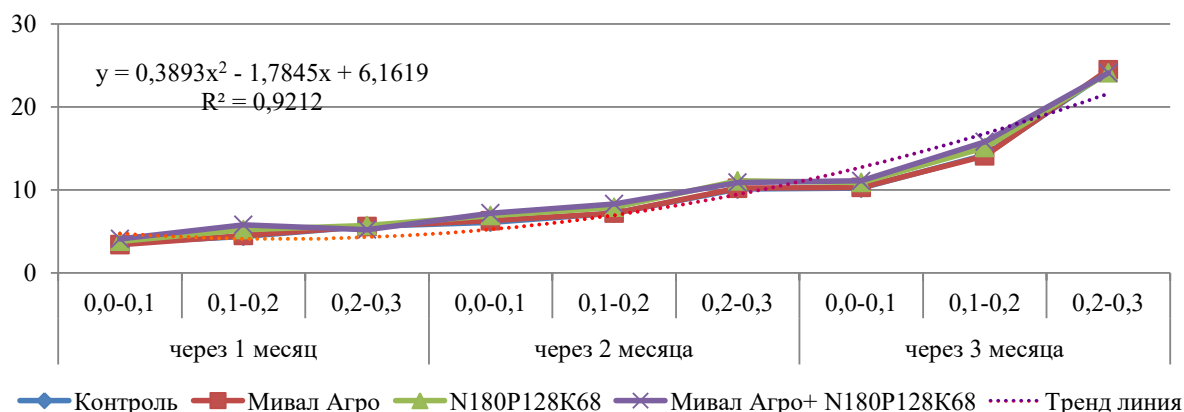


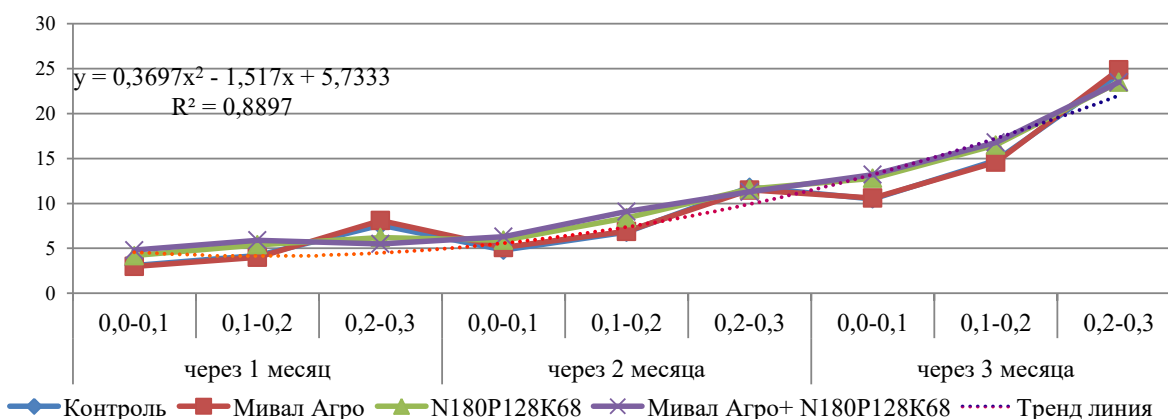
Рис. 1. Зависимость влияния факторов на биологическую активность почвы в посевах сахарной кукурузы по отвальной обработке почвы, %, 2009 г.

Fig. 1. Dependence of the influence of factors on the biological activity of the soil in sweet corn crops for moldboard tillage, %, 2009



**Рис. 2.** Зависимость влияния факторов на биологическую активность почвы в посевах сахарной кукурузы по нулевой обработке почвы, %, 2009 г.

**Fig. 2.** Dependence of the influence of factors on the biological activity of the soil in sweet corn crops for zero tillage, %, 2009



**Рис. 3.** Зависимость влияния факторов на биологическую активность почвы в посевах сахарной кукурузы по отвальной обработке почвы, %, 2015 г.

**Fig. 3.** Dependence of the influence of factors on the biological activity of the soil in sweet corn crops for moldboard tillage, %, 2015

предшествующих месяцев заметного различия по степени разложения полотна по слоям не наблюдали.

В результате повторного наблюдения в 2015 г. была заметна активность микроорганизмов по нулевой обработке почвы, что подтверждается степенью разложения льняной ткани. Наибольшая активность микроорганизмов зафиксирована в варианте с применением минерального удобрения и биостимулятора. На фоне нулевой обработки почвы была заметна большая активность аэробных микроорганизмов, что привело

к положительной динамике разложения льняного полотна.

В 2015 г. наблюдали закономерность активности микроорганизмов по нулевой обработке почвы. Степень разложения целлюлозного полотна по данной обработке почвы в среднем составила 62,1% (рисунок 4), по отвальной обработке – 51,5% (рисунок 3). Активность микроорганизмов по отвальной обработке почвы наблюдали в слое 0,2...0,3 м, по нулевой обработке почвы в слое 0,0...0,1 м. Рассмотрев данные по биологической активности почвы, пришли к выводу, что

интенсивность разложения льняного полотна по нулевой обработке почвы были выше, чем по отвальной обработке.

Данному наблюдению содействовала ежегодная аккумуляция растительных остатков в верхнем слое почвы. В результате этого формировалась низкая активность необрабатываемого слоя почвы. По отвальной обработке почвы активность микроорганизмов наблюдали в слое 0,2...0,3 м. При послойном рассмотрении видно, что степень разложения полотна в слое 0,2...0,3 м сильнее, чем в слое 0,0...0,1 м. По отвальной обработке почвы создавался более рыхлый пахотный слой, что оказывало незначительный эффект на разложение клетчатки по всему почвенному горизонту. Согласно оценке интенсивности разрушения целлюлозы по шкале Пряженниковой О.Е., биологическую активность характеризовали как сильную.

Для расчета статистической зависимости влияния грибов на среде мясо-пептонного агара на биологическую активность микроорганизмов был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона. По отвальной обработке почвы коэффициент корреляции в 2009 г. имел значение  $r = 0,9198$ , по нулевой обработке –  $r = 0,9212$ . При повторном исследовании в 2015 г. наблюдали следующие значения коэффициента корреляции: по отвальной

обработке почвы  $r = 0,8897$ , по нулевой обработке почвы  $r = 0,6631$ . Отмечена тесная корреляционная зависимость по факторам опыта, связь между признаками – высокая и прямая. При повторном исследовании в 2015 г. корреляционная зависимость по отвальной обработке почвы частично снижена, но несмотря на это осталась высокая.

Токсичность почвы обусловлена накоплением физиологически активных веществ, среди которых присутствуют фенольные соединения, органические кислоты, альдегиды, спирты и др., состав и концентрация которых зависят от температуры и влажности почвы, от микроорганизмов и растений. При низких концентрациях токсических веществ в почве обнаруживается стимулирующий эффект, но при увеличении их содержания наступает сильное угнетение роста растений или прорастания семян. Так, в стационарных опытах ТСХА установлено, что водная вытяжка из почвы бессменных посевов озимой пшеницы и ячменя, взятая в начале весенней вегетации, снижала всхожесть семян этих культур более чем на 20% и угнетала рост корневой системы, что явилось одной из причин изреженности бессменных посевов [9; 10].

Определение токсичности почвы проводили в лабораторных условиях. Определение токсичности проводили на

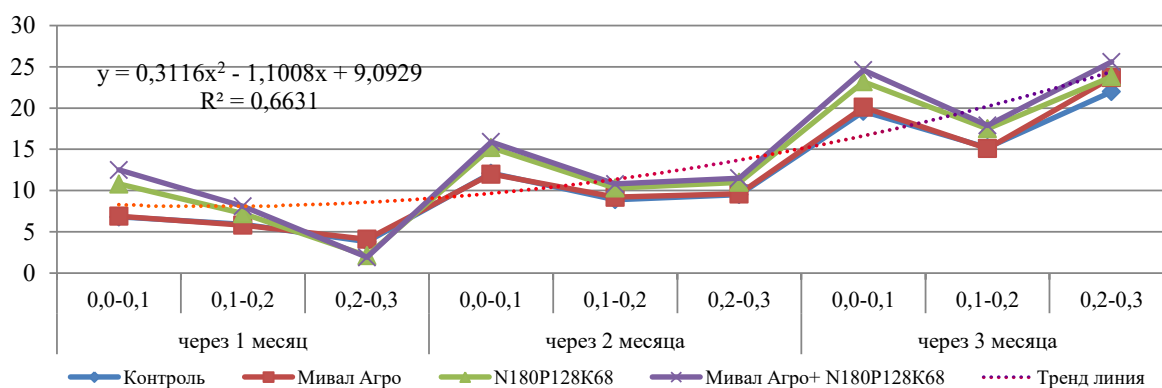


Рис. 4. Зависимость влияния факторов на биологическую активность почвы в посевах сахарной кукурузы по нулевой обработке почвы, %, 2015 г.

Fig. 4. Dependence of the influence of factors on the biological activity of the soil in sweet corn crops for zero tillage, %, 2015

Таблица 1

Влияние агротехнических приемов на биологическую токсичность почвы  
после сахарной кукурузы, %, 2009 г.

Table 1

Influence of agricultural practices on biological toxicity  
of soil after sweet corn, %, 2009

| Фактор А                            | Фактор С                                                          | Всхожесть<br>семян, % | Длина<br>проростка,<br>мм | Прирост,<br>% | Абсолютно сухая масса, г |                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|--------------------------|---------------------|
|                                     |                                                                   |                       |                           |               | всех<br>проростков       | одного<br>проростка |
| Фильтровальная бумага<br>(контроль) |                                                                   | 94                    | 112,1                     | 100,0         | 0,25                     | 0,012               |
| Отвальная<br>обработка<br>почвы     | Контроль                                                          | 75                    | 104,1                     | 92,9          | 0,21                     | 0,010               |
|                                     | Мивал Агро                                                        | 76                    | 104,5                     | 93,2          | 0,21                     | 0,010               |
|                                     | N <sub>180</sub> P <sub>128</sub> K <sub>68</sub>                 | 79                    | 106,1                     | 94,6          | 0,22                     | 0,010               |
|                                     | Мивал Агро +<br>N <sub>180</sub> P <sub>128</sub> K <sub>68</sub> | 82                    | 108,4                     | 96,7          | 0,22                     | 0,011               |
| Нулевая<br>обработка<br>почвы       | Контроль                                                          | 74                    | 102,8                     | 91,7          | 0,2                      | 0,010               |
|                                     | Мивал Агро                                                        | 75                    | 103,1                     | 92,0          | 0,21                     | 0,011               |
|                                     | N <sub>180</sub> P <sub>128</sub> K <sub>68</sub>                 | 76                    | 103,9                     | 92,7          | 0,22                     | 0,011               |
|                                     | Мивал Агро +<br>N <sub>180</sub> P <sub>128</sub> K <sub>68</sub> | 77                    | 105,4                     | 94,0          | 0,21                     | 0,011               |

тест-культуре – яровой пшенице. Отбор почвы проводили после уборки сахарной кукурузы. Первоначально определяли токсичность в 2009 г., затем в конце исследования – в 2015 г.

Данные, полученные на фильтровальной бумаге, приняли за точку отсчета. Всхожесть семян по образцам отобранных с опытного участка, возделываемых по отвальной и нулевой обработке почвы относительно фильтровальной бумаги была ниже в среднем на 12...20% (таблица 1). На почвах с применением минерального удобрения наблюдали рост всхожих семян. Длина проростка также имела закономерность снижения во всех вариантах относительно фильтровальной бумаги.

Всхожесть семян на образцах, различающихся по обработкам почвы, была выше в варианте отвальной обработки почвы. Средняя всхожесть семян тест-культуры по отвальной обработке

почвы составила 78%, по нулевой обработке – 75%.

Отсутствие достаточного увлажнения, протекание анаэробного дыхания, замедление активных микробиологических процессов негативно сказалось на структурном состоянии почвы, что привело к накоплению токсинов, увеличению токсичности почвы на образцах, отобранных с почвы, возделываемой по нулевой обработке почвы. Угнетающее действие токсинов отразилось не только на всхожести семян, но и длине проростка тест-культуры. Наибольший прирост проростка наблюдали на образцах отвальной обработки почвы. Прирост составил 94,4%.

Повторное исследование токсичности почвы методикой эксперимента было предусмотрено провести в конце опыта, т.е. в 2015 г. Для более наглядного изменения по токсичности почвы было решено взять за контроль данные 2009

г. по фильтровальной бумаге. Заметна тенденция повышения всхожести семян на образцах, отобранных с почв, возделываемых по нулевой обработке почвы. Всхожесть семян в варианте по нулевой обработке почвы варьировала в пределах с 81 до 89% (таблица 2).

Увеличение всхожести семян по нулевой обработке почвы составило 10% в 2015 г. относительно данных 2009 г. Был замечен рост длины проростка по нулевой обработке почвы. На образце он выше фильтровальной бумаги на 5 и 8% в варианте с применением минерального удобрения и биостимулятора роста.

Наблюдалось уменьшение токсичности почвы в вариантах по нулевой обработке почвы, об этом свидетельствует повышение всхожести семян, увеличение длины и абсолютно сухой массы проростков. Абсолютно сухая масса всех проростков увеличилась от 4 до 12%, в зависимости от места расположения исследования. Токсичность почвы варьировала в

вариантах, что объясняется накоплением корневых выделений растениями, растительных остатков и продуктов метаболизма микроорганизмов.

Наглядно изменения по всхожести семян тест-культуры отражены на рисунке 5, где приведены сравнительные данные исследований 2009 и 2015 г. по факторам обработки почвы, минерального удобрения и биостимулятора роста.

На рисунке 5 отмечается, что по отвальной обработке почвы в 2009 г. всхожесть семян тест-культуры была незначительно выше, чем в 2015 г. При повторном исследовании в 2015 г. токсичность почвы по нулевой обработке снижалась во всех вариантах, всхожесть семян выросла в среднем на 5...8%. Растительные остатки оставляли на почве, в конце исследования на поверхности почвы образовался большой запас растительных остатков.

Анализируя динамику токсичности почвенных образцов, можно сделать

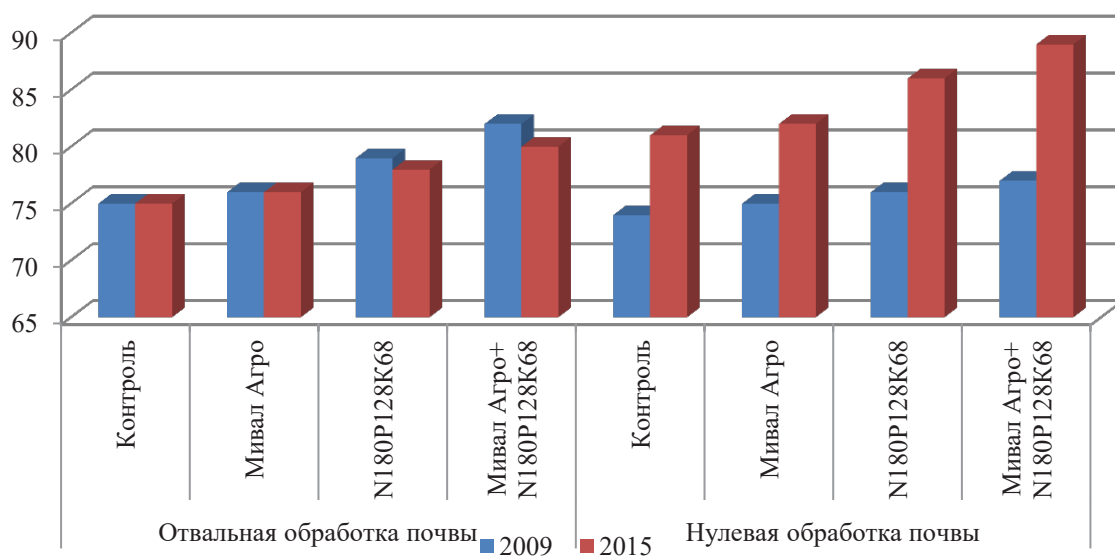
Таблица 2

**Влияние агротехнических приемов на биологическую токсичность почвы после сахарной кукурузы, %, 2015 г.**

Table 2

**Influence of agricultural practices on the biological toxicity of soil after sweet corn, %, 2015**

| Фактор А                            | Фактор С                                                          | Всхожесть<br>семян, % | Длина<br>проростка,<br>мм | Прирост, % | Абсолютно сухая масса, г |                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------|--------------------------|---------------------|
|                                     |                                                                   |                       |                           |            | всех<br>проростков       | одного<br>проростка |
| Фильтровальная бумага<br>(контроль) |                                                                   | 94                    | 112,1                     | 100,0      | 0,25                     | 0,012               |
| Отвальная<br>обработка<br>почвы     | Контроль                                                          | 75                    | 102,5                     | 91,4       | 0,20                     | 0,009               |
|                                     | Мивал Агро                                                        | 76                    | 103,8                     | 92,6       | 0,20                     | 0,010               |
|                                     | N <sub>180</sub> P <sub>128</sub> K <sub>68</sub>                 | 78                    | 104,1                     | 92,9       | 0,21                     | 0,009               |
|                                     | Мивал Агро<br>+ N <sub>180</sub> P <sub>128</sub> K <sub>68</sub> | 80                    | 106,5                     | 95,0       | 0,21                     | 0,010               |
| Нулевая<br>обработка<br>почвы       | Контроль                                                          | 81                    | 104,1                     | 92,9       | 0,23                     | 0,011               |
|                                     | Мивал Агро                                                        | 82                    | 105,6                     | 94,2       | 0,23                     | 0,011               |
|                                     | N <sub>180</sub> P <sub>128</sub> K <sub>68</sub>                 | 86                    | 111,4                     | 99,4       | 0,24                     | 0,012               |
|                                     | Мивал Агро<br>+ N <sub>180</sub> P <sub>128</sub> K <sub>68</sub> | 89                    | 116,1                     | 103,6      | 0,26                     | 0,013               |



**Рис. 5.** Сравнительное влияние агротехнических приемов на всхожесть семян яровой пшеницы при исследовании токсичности почв после посева сахарной кукурузы, %

**Fig. 5.** Comparative effect of agricultural practices on the germination of spring wheat seeds in the study of soil toxicity after sowing sweet corn, %

вывод, 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. В почве из-за недостаточности воздуха увеличивается количество токсинов, происходит подавление жизнедеятельности полезных почвенных микроорганизмов и животных, что ведет к угнетению растений.

Почва, на поверхности которой находятся органические остатки, содержание которых увеличивается от нижних слоев к верхним, не покрывается коркой. Корни растений кверху толще, а на поверхности остаются надземные части растений, что образует верхний перегнойный слой, гарантирующий

постоянное проникновение воздуха в почву, пронизываемую на значительную глубину благодаря многочисленным разлагающимся корням и каналам, созданным деятельностью дождевых червей [11; 12].

**Заключение.** Таким образом, при анализе данных по биологической активности почвы наблюдали активизацию микроорганизмов в верхнем слое почвы (0,0...0,1 м) по нулевой обработке почвы. По отвальной обработке почвы микроорганизмы были активны в слое 0,2...0,3 м. Выявлена общая закономерность повышения биологической активности в варианте применения минерального удобрения и биостимулятора роста, что ведет к снижению токсичности почвы во всех вариантах опыта. Отмечено, что при увеличении активности почвы токсичность снижалась.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Влияние ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур на продуктивность полевого севооборота / Волков А.И. [и др.] // Земледелие. 2017. № 5. С. 32–35.
2. Волков А.И., Кириллов Н.А. Эффективность нулевой обработки почвы в полеводческом севообороте // Сахарная свекла. 2018. № 9. С. 34–37.

3. Влияние плоскорезной обработки на биологическую активность почвы / Веденяпина Н.С. [и др.] // Сборник научных трудов. Т. 65. Волгоград. 1978. С. 55–59.
4. Замятин С.А., Апаева Н.Н. Биологическая активность, токсичность почвы и поражение зерновых культур корневыми гнилями в различных севооборотах // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 6 (43). С. 37–44.
5. Калмыкова Е.В. Научно-экспериментальные основы ресурсосберегающих приемов увеличения урожайности овощных культур при орошении в условиях Нижнего Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. наук. Пенза, 2019. 646 с.
6. Гармашов В.М., Гармашова Л.В. Биологическая активность чернозема обыкновенного при минимизации обработки и прямом посеве // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 2–1 (104). С. 145–148.
7. Ефремова Е.Н., Тютюма Н.В., Зенина Е.А. Влияние ресурсосберегающей обработки на биологическую активность и токсичность светло-каштановой почвы // Масличные культуры. 2018. № 4 (176). С. 107–111.
8. Сарычев А.Н. Использование АПК-6 в системе зяблевой обработки почвы при выращивании яровой пшеницы в условиях Волгодонского междуречья: дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 2007. 169 с.
9. Кружилин И.П., Кузнецова Н.В. Сахарная кукуруза в Нижнем Поволжье // Кукуруза и сорго. 1998. № 2. С. 14–15.
10. Перспективы «нулевой» обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно в Волго-Вятском регионе / Волков А.И. [и др.] // Земледелие. 2015. № 1. С. 3–5.
11. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории европейской части Российской Федерации // Земледелие. 2017. № 2. С. 10–13.
12. Efremova E.N. [et al.] Influence of agro-technical reception on agro-physical state of soil and efficiency of cultivation of sugared sorghum in conditions of light-chestnut soil of Volgograd region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019: 012–030.

#### REFERENCES:

1. Volkov A.I. [et al.] The influence of resource-saving technologies of grain cultivation on the productivity of field crop rotation. Agriculture. 2017; 5: 32–35. (In Russ.)
2. Volkov A.I., Kirillov N.A. The effectiveness of zero tillage in field crop rotation. Sugar beet. 2018; 9: 34–37. (In Russ.)
3. Vedenyapina N.S. [et al.] The effect of flat-cutting processing on the biological activity of the soil. Collection of scientific works. V. 65. Volgograd, 1978: 55–59. (In Russ.)
4. Zamyatin S.A., Apaeva N.N. Biological activity, soil toxicity and damage of grain crops by root rot in various crop rotations. Agrarian science of the Euro-North-East. 2014; 6(43): 37–44. (In Russ.)
5. Kalmykova E.V. Scientific and experimental bases of resource-saving techniques for increasing the yield of vegetable crops during irrigation in the conditions of the Lower Volga region: dissertation... Doctor of Agricultural Sciences. Penza; 2019. (In Russ.)
6. Garmashov V.M., Garmashova L.V. Biological activity of ordinary chernozem with minimization of processing and direct sowing. International Scientific Research Journal. 2021; 2–1 (104): 145–148. (In Russ.)
7. Efremova E.N. [et al.]. Influence of resource-saving treatment on biological activity and toxicity of light chestnut soil. Oilseeds. 2018; 4(176): 107–111. (In Russ.)
8. Sarychev A.N. The use of APC-6 in the system of winter tillage in the cultivation of spring wheat in the conditions of the Volga-Don interfluvium: dis. ... Candidate of Agricultural Sciences. Volgograd; 2007. (In Russ.)

9. Kruzhilin I.P., Kuznetsova N.V. Sugar corn in the Lower Volga region. Corn and sorghum. 1998; 2: 14–15. (In Russ.)
10. Volkov A.I. [et al.] Prospects of «zero» tillage when cultivating corn for grain in the Volga-Vyatka region. Agriculture. 2015; 1: 3–5. (In Russ.)
11. Cherkasov G.N. [et al.] The area of application of zero and surface treatments in the cultivation of ear crops on the territory of the European part of the Russian Federation. Agriculture. 2017: 10–13. (In Russ.)
12. Efremova E.N. [et al.] Influence of agro-technical reception on agro-physical state of soil and efficiency of cultivation of sugared sorghum in conditions of light-chestnut soil of Volgograd region. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019: 012–030. (In Russ.)

---

**Информация об авторах / Information about the authors**

---

**Ефремова Елена Николаевна**, заведующая кафедрой «Технология производства, переработки продуктов животноводства и товароведение» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
elenalob@rambler.ru  
тел.: +7 (917) 720 27 70

**Беляев Александр Иванович**, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения российской академии наук», доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
director@vfanc.ru

**Петров Николай Юрьевич**, и.о. заведующего кафедрой «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
npetrov60@list.ru

**Elena N. Efremova**, a head of the Department of Technology of production, processing of livestock products and commodity science of FSBEI HE «Volgograd State Agrarian University», Candidate of Agricultural Sciences, an associate professor  
elenalob@rambler.ru  
tel.: +7 (917) 720 27 70

**Alexander I. Belyaev**, Director of Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences», Doctor of Agricultural Sciences, a professor  
director@vfanc.ru

**Nikolai Yu. Petrov**, a head of the Department of Technology of storage and processing of agricultural raw materials and public catering of FSBEI HE «Volgograd State Agrarian University», Doctor of Agricultural Sciences, a professor  
npetrov60@list.ru