

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ И МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Смывалов Владимир Сергеевич¹, агроном-агрохимик

Захарова Дарья Александровна², аспирант кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Яшин Александр Евгеньевич², аспирант кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

¹ ФГБУ «САС «Ульяновская»

432025, г. Ульяновск, ул. Маяковского, 35;

тел.: (8422) 46–30–99; e-mail: smyvalov@mail.ru

² ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1;

тел.: 8(8422)25-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru

Ключевые слова: кремнийсодержащие материалы, биологическая активность, чернозем выщелоченный, минеральное удобрение.

Изучение биологической активности чернозема выщелоченного проведено в 2011-2016 гг. на базе кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ. В результате проведенных исследований установлено влияние кремниевых препаратов, диатомита и минерального удобрения на интенсивность микробной деструкции клетчатки под посевами яровых зерновых культур, а также зависимость между биологической активностью чернозема выщелоченного и содержанием доступных форм макроэлементов. Применение диатомита и препарата Мивал-Агро способствовало повышению интенсивности разрушения льняного полотна под посевами ярового ячменя в среднем до 35-38 %, на удобренном фоне – 42-45 %. При этом биологическая активность почвы на 74 % определяла содержание минерального азота в пахотном слое и зависела на 49 % от запасов подвижного фосфора в почве и на 31 % от концентрации калия. Использование для обработки посевного материала диатомита и кремниевых препаратов ЭкSi и Мивал-Агро повышало активность целлюлозолитических микроорганизмов чернозема выщелоченного до 32-35 %, на фоне NPK – 38-41 %. Содержание минерального азота в пахотном слое в конце вегетационного периода яровой пшеницы в 73 % случаев зависело от величины биологической активности, на которую в свою очередь на 44 и 42 % повлияло содержание подвижных фосфора и калия соответственно.

Введение

Биологическая активность почвы взаимосвязана с ее физическими и химическими свойствами, во многом зависит от погодных условий, технологии и вида возделываемых сельскохозяйственных культур. Активное воздействие на почвенный покров приводит к нарушению нормального течения процессов микробной деструкции и преобразования органических веществ и необходимых для растений питательных элементов.

Учет биологической активности почвы дает оперативную информацию о характере и скорости протекания почвенных процессов, поскольку микробное сообщество ввиду своей лабильности чутко реагирует на происходящие внешние воздействия [1, 2, 3, 4].

После внесения удобрения претерпевают сложную цепь физико-химических и микробиологических превращений, что оказывает непосредственное влияние на биологические свойства почвы, находящиеся в тесной связи с другими показателями плодородия [5]. Применение сбалансированного по питательным элементам

полного минерального удобрения в умеренных количествах обычно активизирует деятельность почвенной микрофлоры, её разнообразие и численность [1]. Содержание доступных веществ в почве определяет активность целлюлозолитической части микробиоценоза [6].

Многие исследователи подтверждают положительное действие кремниевых соединений на биологические свойства почвы [7, 8, 9].

В связи с вышесказанным изучение вариативности биологической активности почвы в зависимости от применения кремнийсодержащих материалов представляется актуальным направлением.

Цель наших исследований – установить влияние кремниевых препаратов, диатомита и минерального удобрения на биологическую активность чернозема выщелоченного под посевами яровых зерновых культур.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись:

– диатомит, измельченный до порошкообразного состояния. Представляет собой легкую тонкозернистую кремнистую породу, состоя-

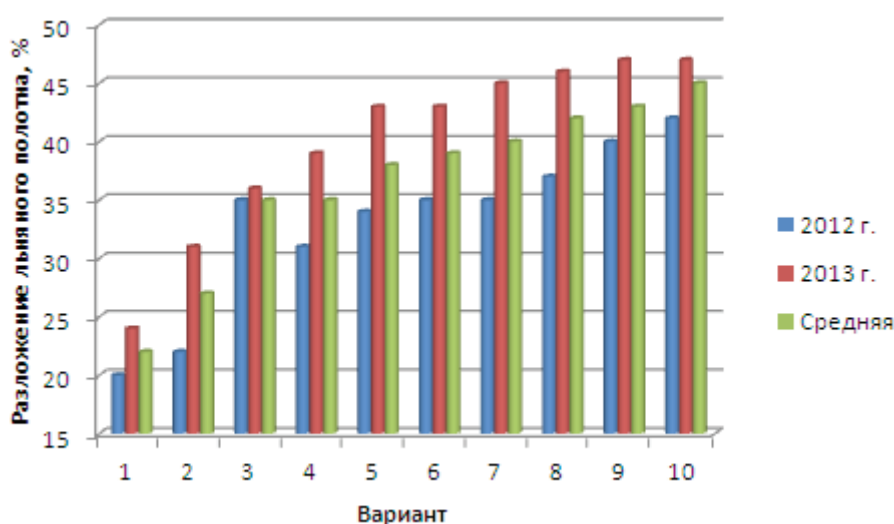


Рис. 1 – Интенсивность разложения льняного полотна под посевами ячменя

щую более чем на 80 % из оксида кремния и в основном образовавшуюся из мелких панцирей диатомей. Залегают огромными линзами среди опок.

– Мивал-Агро – кремнийорганический регулятор роста растений, для которого характерны широкий спектр биологического действия, адаптогенные и антиоксидантные свойства. Препарат экологически безопасен, высокоэффективен, прост в применении, состоит на 80 % из 1-хлорметилсилатрана, мивала, и на 20 % – триэтаноламмониевой соли ортокрезоксиуксусной кислоты, крезацина (<http://agrosil.ru>).

– ЭкСи – препарат на основе активных соединений кремния. Позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур и их устойчивость к неблагоприятным условиям и различным стрессам биотического и абиотического характера. Помимо соединений кремния в своем составе содержит калий, натрий и гуматы (<http://ek-si.ru/fertilizers/eksi-universal/>).

– посе́вы ячменя, размещенные по схеме из 10 вариантов (2011-2013 гг.): без удобрений (контроль); СЗР; диатомит (в рядки); диатомит (обработка семян); Мивал-Агро (обработка семян); $N_{40}P_{40}K_{40}$; $N_{40}P_{40}K_{40}$ + СЗР; $N_{40}P_{40}K_{40}$ + диатомит (в рядки); $N_{40}P_{40}K_{40}$ + диатомит (обработка семян); $N_{40}P_{40}K_{40}$ + Мивал-Агро (обработка семян);

– посе́вы яровой пшеницы, расположенные по схеме из 12 вариантов (2014-2016 гг.): контроль; ЭкСи (обработка семян); ЭкСи (обработка посевов); диатомит 30 кг/т (обработка семян); Мивал-Агро (обработка семян); Мивал-Агро (обработка посевов); $N_{40}P_{40}K_{40}$ (под предпосевную

культивацию); $N_{40}P_{40}K_{40}$ + ЭкСи (обработка семян); $N_{40}P_{40}K_{40}$ + ЭкСи (обработка посевов); $N_{40}P_{40}K_{40}$ + диатомит 30 кг/т (обработка семян); $N_{40}P_{40}K_{40}$ + Мивал-Агро (обработка семян); $N_{40}P_{40}K_{40}$ + Мивал-Агро (обработка посевов).

Почва опытного поля (чернозем выщелоченный) характеризуется высокой обеспеченностью подвижными фосфором и калием соответственно 180 мг/кг и 141 мг/кг (по Чирикову), содержанием гумуса 4,3 %, обменной кислотностью 5,2 ед.

Посев яровых зерновых культур проводили вслед за культивацией в оптимальные сроки сеялкой

ССНП-16 рядовым способом. В качестве полного минерального удобрения использовали нитроаммофоску (17:17:17) в норме 40 кг д.в./га по главным питательным элементам. На вариантах с внесением высококремнистой породы при посеве ячменя ее доза составила 40 кг/га. Обработка семян (опудривание) диатомитовым порошком проводилась в день посева в количестве 30 кг/т семян (для удерживания диатомита на поверхности семян использовался прилипатель – NaKMц). Рабочий раствор, содержащий ЭкСи и Мивал-Агро, готовился непосредственно перед обработкой посевного материала и вегетирующих растений. Для прикатывания посевов применялись кольчато-шпоровые катки ЗККШ-6А. Уборку урожая проводили прямым комбайнированием посредством Terrion Sampo SR2010.

Результаты исследований

Применение диатомита, кремнийорганического препарата Мивал-Агро, СЗР и минерального удобрения в течение 2012-2013 гг. в технологии возделывания ячменя оказало заметное влияние на деятельность целлюлолитической части почвенного микробного сообщества (рис. 1).

На контрольном варианте в 2012 г. процент разложения льняной ткани составил 20 %. Обработка посевного материала ячменя диатомитом увеличила значение показателя до 31 %, препаратом Мивал-Агро – до 34 %, что соответствует средней степени разрушения целлюлозы по шкале Д.Г. Звягинцева (2005) (30-50 %). При рядковом внесении высококремнистой породы и при использовании минерального удобрения ($N_{40}P_{40}K_{40}$) деятельность микробов находи-

лась на уровне 35 %. Значение показателя на варианте с СЗР незначительно превысило контрольное и равно 22 %.

На удобренном фоне рассматриваемые агрохимические средства значительно усилили интенсивность разложения клетчатки. На вариантах с СЗР и применением диатомита в рядки (норма 40 кг/га) льняная ткань разрушилась на 35 % и 37 % соответственно. Опудривание посевного материала ячменя диатомитом в дозе 30 кг/т способствовало усилению активности почвенных целлюлозолитических микроорганизмов до уровня 40 %, что эффективнее обработки посевного материала СЗР на 5 %. Наибольший процент разложения льняной ткани определен при использовании кремнийорганического препарата. Обработка семян Мивал-Агро увеличила значение показателя до 42 %.

В 2013 г. сохранилось общее направление действия рассматриваемых факторов на интенсивность разрушения целлюлозы, однако в целом она несколько выше, что, возможно, обусловлено положительным влиянием сложившихся условий тепло- и влагообеспеченности на деятельность почвенного микробного сообщества.

На контрольном варианте процент разложения источника клетчатки составил 24 %. Протравливание семян СЗР повысило показатель до 31 %. На вариантах с применением кремнийсодержащих материалов уровень активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов почвы равен 36–43 % при отдельном использовании и повышался до 47 % на фоне минерального удобрения.

В среднем за годы исследований процент разложения льняного полотна на контроле составил 22 %. Применение высококремнистой породы при внесении в рядки и для обработки семян способствовало повышению значения показателя до 35 %. Использование СЗР в среднем увеличило активность целлюлозоразрушающей микробиоты почвы на 5 %, при сочетании с NPK значение показателя увеличилось на 18 %, уступая по эффективности совместному влиянию диатомита и минерального удобрения на 2-3 %.

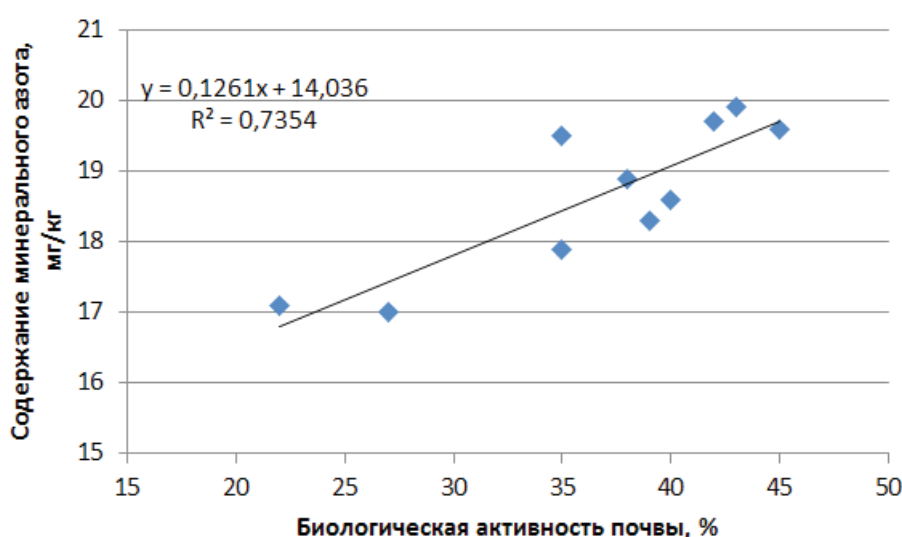


Рис. 2 – Зависимость содержания минерального азота (y) от биологической активности почвы (x) под посевами ячменя

Использование кремниевого препарата на фоне внесения NPK позволило повысить процент разложения льняного полотна вдвое – до 45 % в сравнении с контрольным вариантом.

В целом активность целлюлозолитической части почвенных микроорганизмов при использовании кремнийсодержащих материалов в технологии возделывания ячменя увеличивалась на 13–16 %, что, возможно, обусловлено положительным влиянием кремневых соединений на биологические свойства почвы [7]. На фоне применения минерального удобрения диатомит и Мивал-Агро повысили деятельность разрушающих клетчатку микробов почти вдвое.

Статистическая обработка экспериментальных данных методом регрессионного анализа позволила нам рассчитать уравнение регрессии, отражающее изменение содержания минерального азота в пахотном слое перед уборкой ячменя в зависимости от биологической активности почвы (рис. 2).

При корреляционно-регрессионном анализе нами получено уравнение множественной корреляции, описывающее зависимость биологической активности почвы под посевами ячменя от содержания подвижных фосфора и калия в пахотном слое, которое приняло вид:

$$y = 0,48x_1 + 0,46x_2 - 124,48,$$

где y – биологическая активность почвы, %;

x_1 и x_2 – содержание подвижных фосфора и калия, мг/кг.

Множественный коэффициент корреляции составил 0,88. В активизации деятельности целлюлозоразлагающей части микробного сообщества почвы на долю фосфора пришлось 49

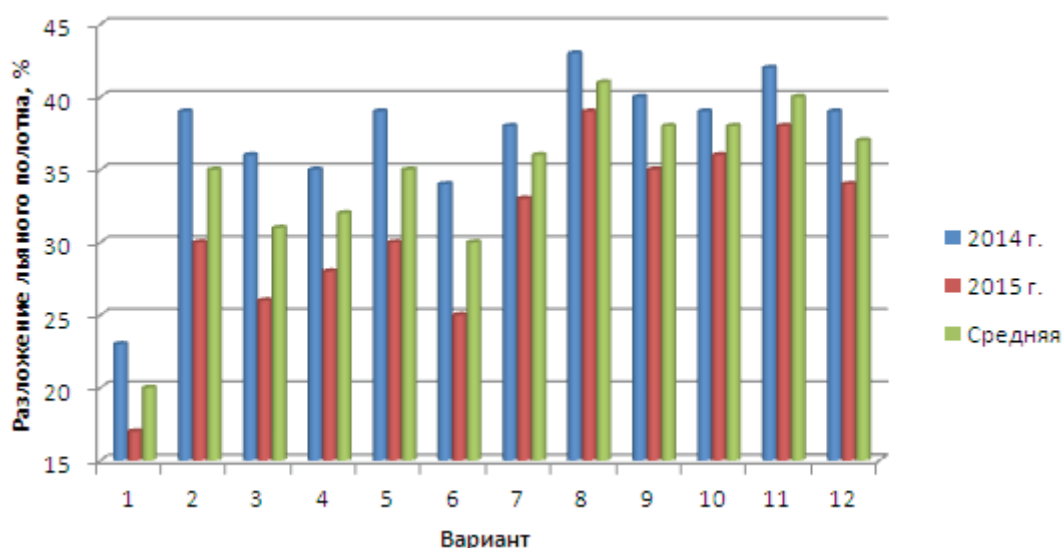


Рис. 3 – Интенсивность разложения льняного полотна под посевами яровой пшеницы

%, немного меньше на калий – 31 %.

Использование препаратов ЭкSi и Мивал-Агро, диатомита, минерального удобрения в технологии возделывания яровой пшеницы оказало существенное влияние на активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов почвы (рис. 3).

В 2014 г. на контроле процент разложения льняного полотна составил 23 %, опудривание семян диатомитом увеличило значение рассматриваемого показателя до 35 %. На вариантах с обработкой посевного материала ЭкSi, Мивал-Агро, внесением минерального удобрения активность целлюлозолитических микроорганизмов находилась на уровне 38–39 %.

Применение диатомита на удобренном фоне увеличило процент разрушения льняной ткани до 39 %, использование кремниевых препаратов для обработки семян – до 42–43 %, т.е. почти вдвое больше, чем на контрольном варианте.

2015 г. оказался менее благоприятным для роста и развития яровой пшеницы, и как следствие, активность почвенных микроорганизмов под посевами культуры снизилась, но сохранилось наметившееся влияние рассматриваемых факторов на значение показателя.

На контрольном варианте процент разложения льняного полотна составил 17 %, при опудривании посевного материала диатомитом – 28 %, обработке семян яровой пшеницы кремниевыми препаратами – 30 %. Внесение NPK увеличило интенсивность распада ткани до 33 %.

На удобренном фоне сохранилась тенденция влияния кремнийсодержащих материалов на значение показателя. Опудривание семян

диатомитовым порошком по влиянию на процесс разрушения целлюлозы не уступило действию кремниевых препаратов при обработке вегетирующих растений – деятельность микробов находилась на уровне 34–36 %. Обработка посевного материала ЭкSi и Мивал-Агро эффективнее на 4 % аналогичного способа их использования: значение показателя составило 39 и 38 % соответственно.

Как показали исследования, на контрольном варианте процент разложения льняного полотна оказался наименьшим в опыте и в среднем составил 20 %. Возможно, значение показателя обусловлено медленным ростом почвенной микрофлоры ввиду более низкого в сравнении с другими вариантами содержания доступных растениям яровой пшеницы питательных элементов [8].

За период наблюдений отдельное применение кремниевых препаратов и диатомита повысило процент разложения льняной ткани до 30–35 %, что больше контрольного значения в среднем на 13 %. Внесение полного минерального удобрения и предпосевная обработка семян кремниевыми препаратами оказали практически равноценное влияние – уровень активности микробов при использовании данных средств составил 35–36 %.

На фоне минерального удобрения активность целлюлозолитических почвенных микроорганизмов повысилась вдвое в случае применения Мивал-Агро и ЭкSi для обработки посевного материала, и в 1,9 раза – при использовании диатомита, что, вероятно, обусловлено стимулирующим влиянием изучаемых факторов на развитие корневой системы, при котором на-

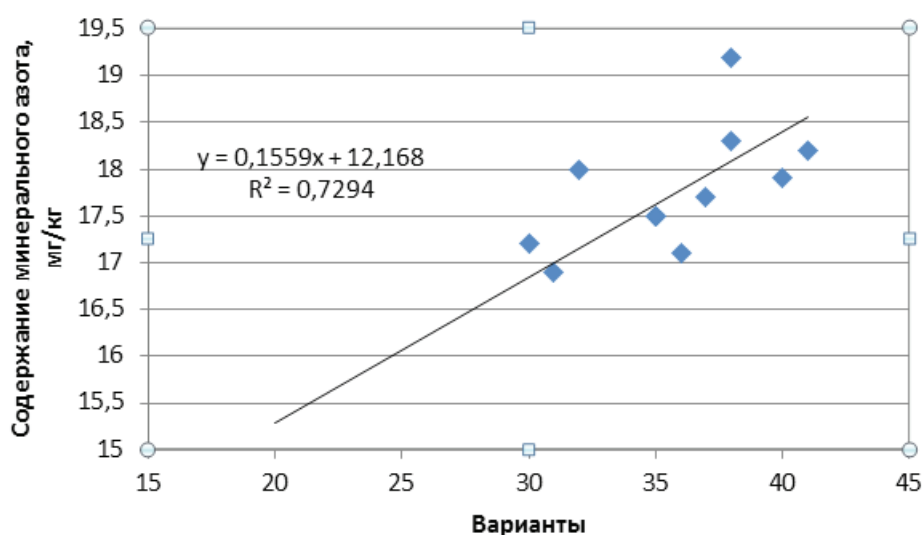


Рис. 4 – Зависимость содержания минерального азота (y) от биологической активности почвы (x) под посевами яровой пшеницы

блюдается увеличение объема выделений корнями углеводов, что способствует формированию в ризосфере более благоприятных условий для микроорганизмов [9, 10].

На вариантах с опрыскиванием ЭкSi и Мивал-Агро вегетирующих растений процент разложения льняной ткани ниже в среднем на 4-5 %, чем при обработке ими семян, а на фоне NPK разница между способами применения кремниевых препаратов составляет 3 %.

Возможно, полученные результаты связаны с тем, что кремниевые соединения, попадая вместе с семенами в почву, способствуют активизации деятельности почвенных микроорганизмов, поскольку находятся с момента начала вегетации в непосредственной близости от ризосферы, где постоянный обмен веществом и энергией между растениями и почвенными микроорганизмами хорошо выражен и протекает наиболее интенсивно [2].

Интенсивность разрушения клетчатки под посевами яровой пшеницы зависит от микробной биомассы, населяющей ризосферу растений [8, 11]. Литературные данные свидетельствуют о положительном влиянии кремниевых соединений на процесс деструкции растительных субстратов и синтез гумусовых веществ [9]. Использование активных форм кремния повышает численность микроорганизмов рода *Azotobacter*, относящихся к свободноживущим азотфиксаторам ризосферы зерновых культур [12, 13]. Кремнийорганический препарат Мивал-Агро способен увеличивать общее количество микроорганизмов в ризосфере сельскохозяйственных культур, стимулировать деятельность олигонитрофилов и протеолитических амилалитических

бактерий, подавлять развитие фитопатогенных актиномицетов и грибов [14, 15].

Использование диатомита в системе удобрения озимой пшеницы активизирует, согласно исследованиям Козлова А.В. и Куликовой А.Х. (2016), развитие биомассы микроорганизмов, принимающих участие в минерализации целлюлозы и трансформации промежуточных продуктов разложения клетчатки.

Методом регрессионного анализа при статистической обработке данных исследования нами рассчитано уравнение регрессии, описывающее зависимость содержания минерального азота в пахотном слое почвы перед уборкой яровой пшеницы в зависимости от биологической активности почвы (рис. 4).

При корреляционно-регрессионном анализе нами рассчитано уравнение множественной корреляции, отражающее зависимость биологической активности почвы под посевами ячменя от содержания подвижных фосфора и калия в пахотном слое, которое приняло вид:

$$y = -0,13x_1 + 0,58x_2 - 33,27$$

где y – биологическая активность почвы, %;

x_1 и x_2 – содержание подвижных фосфора и калия соответственно, мг/кг.

Значение множественного коэффициента корреляции составило 0,78. В активизации деятельности целлюлозолитической части микробного сообщества под посевами яровой пшеницы доли влияния фосфора и калия примерно равны: 44 и 42 % соответственно.

Положительное влияние кремнийсодержащих материалов на активность целлюлозоразлагающей части микрофлоры чернозема выщелоченного создает предпосылки для форми-

рования благоприятных условий питания яровых зерновых культур, что в дальнейшем может способствовать повышению их продуктивности и улучшению качества продукции.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено положительное влияние кремнийсодержащих материалов и минерального удобрения на биологическую активность чернозема выщелоченного:

1. Применение диатомита и препарата Мивал-Агро способствовало повышению интенсивности разрушения льняного полотна под посевами ярового ячменя в среднем до 35-38 %, на удобренном фоне – 42-45 %. При этом биологическая активность почвы на 74 % определяла содержание минерального азота в пахотном слое и зависела на 49 % от запасов подвижного фосфора в почве и на 31 % от концентрации калия.

2. Использование для обработки посевного материала диатомита и кремниевых препаратов ЭкSi и Мивал-Агро повышало активность целлюлозолитических микроорганизмов чернозема выщелоченного до 32-35 %, на фоне NPK – 38-41 %. Содержание минерального азота в пахотном слое в конце вегетационного периода яровой пшеницы в 73 % случаев зависело от величины биологической активности, на которую в свою очередь на 44 и

42 % повлияло содержание подвижных фосфора и калия соответственно.

Библиографический список

1. Марфенина, О.Е. Микробиологические аспекты охраны почв / О.Е. Марфенина. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 118 с.

2. Звягинцев, Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М.: МГУ, 2005. – 445 с.

3. Шахова, О.А. Влияние агрохимикатов на микробиологическую активность чернозема выщелоченного в Северной лесостепи Тюменской области / О.А. Шахова // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – № 2 (33). – С. 102-109.

4. Картамышев, Н.И. Пути совершенствования технологии возделывания сахарной свеклы / Н.И. Картамышев, Н.П. Звягина, Б.Ю. Приходько. – Курск: Изд-во КГСХА, 2000. – 67 с.

5. Никитин, С.Н. Влияние бактериальных удобрений на микрофлору почвы и урожайность яровой пшеницы / С.Н. Никитин / Агроэкологические аспекты повышения эффективности сельскохозяйственного производства: Материа-

лы юбилейной научно-практической конференции. – Пенза, 2001. – С. 127-129.

6. Мишустин, Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. – М. Наука, 1972. – 343 с.

7. Козлов, А.В. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, Е.А. Яшин // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 23.

8. Завалин, А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. – М.: издательство ВНИИА, 2005. – 302 с.

9. Никитин Сергей Николаевич. Эффективность применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья: диссертация ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.04 / С.Н. Никитин. – Саранск, 2015. – 419 с.

10. Петров, В.Б. Микробиологические препараты в практическом растениеводстве России: функции, эффективность, перспектив / В.Б. Петров, В.К. Чеботарь // Рынок АПК. – 2009. – №7. – С. 16-18.

11. Матыченков Иван Владимирович. Взаимное влияние кремниевых, фосфорных и азотных удобрений в системе почва-растение: диссертация ... кандидата биологических наук: 06.01.04 / И.В. Матыченков. – Москва, 2014. – 136 с.

12. Кудинова, Л.И. Влияние кремния на вес растений / Л.И. Кудинова // Агрохимия. – 1974. – 31. – С. 142-144.

13. Гордеева, Т.Х. Формирование микробно-растительных сообществ ризосферы в онтогенезе зерновых культур / Т.Х. Гордеева, С.Н. Масленникова, Т.П. Гажеева / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 81. – С. 611-620.

14. Воронкова, Н.А. Агроэкологические аспекты применения бактериальных удобрений на черноземных почвах Западной Сибири / Н.А. Воронкова, А.И. Черемисин, О.Ф. Хамова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 14-20.

15. Черемисин, А.И. Применение биопрепаратов комплексного действия и биоудобрений в оригинальном семеноводстве картофеля / А.И. Черемисин, В.Н. Кумпан // Вестник Омского ГАУ. – 2017. – № 1 (25). – С. 28-34.

16. Козлов, А.В. Влияние высококремнистых пород на структуру, численность и ферментативную активность целлюлозосапротрофного микробного пула дерново-подзолистой почвы в условиях выращивания озимой пшеницы и картофеля / А.В. Козлов, А.Х. Куликова // Вест-

INFLUENCE OF SILICON-CONTAINING MATERIALS AND MINERAL FERTILIZERS ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF LEACHED BLACK SOIL

Smyvalov V.S.¹,
Zakharova D.A.²,
Yashin A.E.²

¹ FSBI "SAS" Ulyanovskaya "432025, Ulyanovsk, Mayakovskogo st., 35;
Tel.: (8422) 46-30-99; E-mail: smyvalov@mail.ru

² FSBEI HE Ulyanovsk SAU
432017, Ulyanovsk, Noviy Venets bld., 1;
Tel.: 8 (8422) 25-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru

Key words: silicon-containing materials, biological activity, leached black soil, mineral fertilizer.

The study of leached black soil biological activity was carried out in 2011-2016 on the basis of the Department of Soil Science, Agrochemistry and Agroecology of FSBEI HE Ulyanovsk SAU. As a result of the conducted studies, the influence of silicon compounds, diatomite and mineral fertilizer on the intensity of fibre microbial destruction in spring grain crops was determined, as well as the correlation between the biological activity of leached black soil and the content of available forms of macrolelements. The application of diatomite and Mival-Agro product contributed to the increase of destruction intensity of linen cloth under spring barley crops on average by 35-38%, on a fertilized ground by 42-45%. At the same time, the biological activity of the soil determined the content of mineral nitrogen in the plowing layer by 74% and it depended on the stock of mobile phosphorus in the soil by 49% and by 31% - on potassium concentration. The application of diatomite and silicon compounds EkSi and Mival-Agro for seed treatment increased the activity of cellulolytic microorganisms of leached black soil to 32-35%, on the ground of NPK - 38-41%. The content of mineral nitrogen in the arable layer at the end of spring wheat vegetation period in 73% of cases depended on the amount of biological activity, which in turn, was influenced by the content of mobile phosphorus and potassium by 44 and 42%, respectively.

Bibliography

1. Marfenina, O.E. Microbiological aspects of soil preservation / O.E. Marfenina. - Moscow: Publishing house of MSU, 1991. - 118 p.
2. Zvyagintsev, D.G. Soil biology / D.G. Zvyagintsev, I.P. Babieva, G.M. Zenova. - Moscow: Moscow State University, 2005. - 445 p.
3. Shakhova, O.A. Influence of agrochemicals on the microbiological activity of leached black soil in the Northern forest-steppe of Tyumen region / O.A. Shakhova // Vestnik of State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. - 2016. - № 2 (33). - P. 102-109.
4. Kartamyshev, N.I. Ways to improve the technology of sugar beet cultivation / N.I. Kartamyshev, N.P. Zvyagina, B.Yu. Prihodko. - Kursk: Publishing house of Kursk State Agricultural Academy, 2000. - 67 p.
5. Nikitin, S.N. Influence of bacterial fertilizers on soil microflora and spring wheat yield / S.N. Nikitin / Agroecological aspects of increasing the efficiency of agricultural production: materials of the anniversary scientific and practical conference. - Penza, 2001. - P. 127-129.
6. Mishustin, E.N. Microorganisms and productivity of agriculture / E.N. Mishustin. - M. Nauka, 1972. - 343 p.
7. Kozlov, A.V. Role and importance of silicon and silicon-containing substances in agroecosystems / A.V. Kozlov, A.Kh. Kulikova, E.A. Yashin // Vestnik of Minin University. - 2015. - № 2 (10). - P. 23.
8. Zavalin, A.A. Biocompounds, fertilizers and harvest / A.A. Zavalin. - M.: publishing house of AUSRIA, 2005. - 302 p.
9. Nikitin Sergey Nikolaevich. Efficiency of fertilizer, biocompound and diatomite application in the forest-steppe of the Middle Volga Region: the dissertation of Doctor of Agriculture: 06.01.04 / S.N. Nikitin. - Saransk, 2015. - 419 p.
10. Petrov, V.B. Microbiological compounds in practical plant growing of Russia: functions, efficiency, prospects / V.B. Petrov, V.K. Chebotar // The market of agroindustrial complex. - 2009. - №7. - P. 16-18.
11. Matychenkov Ivan Vladimirovich. Mutual influence of silicon, phosphoric and nitrogen fertilizers in the system of soil-plant: dissertation of Candidate of Biology: 06.01.04 / I.V. Matychenkov. - Moscow, 2014. - 136 p.
12. Kudinova, L.I. Impact of silicon on plant mas / L.I. Kudinova // Agrochemistry. - 1974. - 31. - P. 142-144.
13. Gordeeva, T.Kh. Formation of microbial plant communities of the rhizosphere in the ontogenesis of grain crops / T.Kh. Gordeeva, S.N. Maslennikova, T.P. Gazheeva // Multitopic web electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. - 2012. - № 81. - P. 611-620.
14. Voronkova, N.A. Agroecological aspects of bacterial fertilizer application on black soils soils of Western Siberia / N.A. Voronkova, A.I. Cheremisin, O.F. Khamova // Current problems of science and education. - 2012. - № 6. - P. 14-20.
15. Cheremisin, A.I. Application of complex biocompounds and biofertilizers in potato early generation seed production system / A.I. Cheremisin, V.N. Kumpan // Vestnik of Omsk State University. - 2017. - № 1 (25). - P. 28-34.
16. Kozlov, A.V. The influence of high-silicon rocks on the structure, quantity, and enzymatic activity of the cellulose-soluble microbial pool of sod-podzolic soils when growing winter wheat and potatoes / A.V. Kozlov, A.Kh. Kulikova // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2016. - № 1 (33). - P. 56-65.