

На правах рукописи

Смывалов Владимир Сергеевич

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ
В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Усть-Кинельский – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина»

Научный руководитель **Куликова Алевтина Христофоровна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Кузин Евгений Николаевич**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры «Почвоведение, агрохимия и химия»
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Шашкаров Леонид Геннадьевич
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры земледелия, растениеводства,
селекции и семеноводства ФГБОУ ВО
Чувашская ГСХА

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ульяновский научно–исследовательский институт сельского хозяйства»

Защита состоится «19» декабря 2017 года в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел. 8-(846-63)-46-1-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» и на сайте www.ssaa.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2017 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. О положительной роли кремния в системе «почва–растение» свидетельствуют многочисленные исследования российских и зарубежных учёных, проводимые в течение более 2–х веков (Воронков и др., 1978; Матыченков и др., 2002; Самсонова, 2005; Козлов и др., 2015).

Несмотря на это, кремниевые удобрения остаются до настоящего времени нетрадиционными и в нашей стране не производятся, а в качестве их активно предлагаются природные кремнийсодержащие породы (диатомиты, трепелы, опоки, цеолиты и др.) с высоким содержанием активного кремния, эффективность которых значительно изучена и доказана (Лобода, Яковлева, 2000; Капранов, 2009; Куликова, 2013). Однако есть и другая группа препаратов, в которых кремний представлен в виде как неорганических соединений, так и органоминеральных или органических веществ – силатранов. Последние не только содержат кремний в доступной форме, но и являются регуляторами роста, влияющими на развитие растений на биохимическом и физиологическом уровнях. Учитывая, что применение природных высококремнистых пород в достаточно больших дозах не всегда может быть экономически оправдано, несомненный интерес представляет изучение эффективности кремнийсодержащих материалов в системе удобрения сельскохозяйственных культур в значительно меньших количествах, в том числе и для предпосевной обработки семян и обработки посевов.

Исследования являются составной частью плана научной работы ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина» (рег. № АААА–А16–116.041.110.183–9).

Цель диссертационной работы – изучить эффективность применения кремнийсодержащих материалов (диатомита, Мивал–Агро, ЭкSi) и минерального удобрения при возделывании ярового ячменя и яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья.

Основные задачи при этом следующие:

– изучить влияние диатомита, кремниевых препаратов Мивал–Агро и ЭкSi, средства защиты растений Беномил–500 и минерального удобрения на агрохимические свойства и биологическую активность чернозема выщелоченного; урожайность и качество зерна ярового ячменя и яровой пшеницы;

– определить баланс элементов питания в черноземе выщелоченном при возделывании яровых зерновых культур с использованием кремнийсодержащих материалов;

– дать экологическую, экономическую и биоэнергетическую оценку технологиям возделывания ярового ячменя и яровой пшеницы с использованием для предпосевной обработки семян и обработки посевов

диатомита, кремниевых препаратов как в чистом виде, так и на фоне минерального удобрения.

Научная новизна. В условиях Среднего Поволжья впервые проведено изучение сравнительной эффективности диатомита, кремнийсодержащих препаратов Мивал–Агро, ЭкSi при разных способах применения (предпосевная обработка семян, обработка посевов, внесение в рядки) в технологии возделывания ярового ячменя и яровой пшеницы. Установлено, что кремнийсодержащие материалы способствуют повышению биологической активности чернозема выщелоченного и улучшению обеспеченности растений элементами питания, обладают защитными свойствами. Применение их как в чистом виде, так и совместно со средними дозами минеральных удобрений (N40P40K40) положительно влияет на урожайность и качество зерна ярового ячменя и яровой пшеницы. Определен баланс азота, фосфора и калия в черноземе выщелоченном при возделывании яровых зерновых культур с использованием кремнийсодержащих материалов и минеральных удобрений. Дана экологическая, экономическая и биоэнергетическая оценка технологиям возделывания ярового ячменя и яровой пшеницы с применением в системе удобрения данных препаратов.

Практическая значимость и реализация результатов исследований. Результаты исследований позволяют рекомендовать сельхозтоваропроизводителям в условиях Среднего Поволжья использовать в системе удобрения зерновых культур кремнийсодержащие материалы (диатомит, Мивал–Агро и ЭкSi) для предпосевной обработки семян, что повысит урожайность ярового ячменя на 0,26–0,35 т/га, яровой пшеницы на 0,13–0,37 т/га и обеспечит экологическую безопасность продукции.

Результаты исследований прошли производственные испытания и внедряются в ряде хозяйств Ульяновской области, применяются в учебном процессе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ при изучении следующих дисциплин: агрохимия, система удобрения, нетрадиционные удобрения сельскохозяйственных культур и сельскохозяйственная экология.

Защищаемые положения:

– кремнийсодержащие материалы (диатомит, Мивал–Агро, ЭкSi) способствуют повышению биологической активности на 11–16 % и улучшению питательного режима чернозема выщелоченного. При этом содержание элементов питания в течение всей вегетации ярового ячменя и яровой пшеницы поддерживалось выше контрольного варианта: фосфора на 3–8 и 8–18 %, обменного калия на 5–13 и 5–15 %, минерального азота на 4–13 и 9–15 % соответственно;

– кремнийсодержащие материалы обладают защитными свойствами: пораженность корневыми гнилями посевов ярового ячменя и яровой пшеницы снижалась на 14–24 и 9–23 % (относительных);

– применение диатомита, Мивал–Агро и ЭкSi для предпосевной обработки семян обеспечивает повышение урожайности ярового ячменя и яровой пшеницы на 0,26–0,35 и 0,13–0,37 т/га с улучшением качества продукции. Для формирования более высокой урожайности необходимо использовать их совместно с минеральным удобрением;

– предпосевная обработка семян ярового ячменя и яровой пшеницы диатомитом, Мивал–Агро и ЭкSi экологически безопасна, экономически и энергетически эффективна.

Личный вклад соискателя. Соискателем разработана программа исследований, лично проведены полевые и лабораторные эксперименты, сделаны анализы и обобщение полученного материала, а также выводы и рекомендации производству.

Достоверность результатов исследований подтверждается большим количеством экспериментального материала, проведением полевых опытов и лабораторных анализов в строгом соответствии с методическими требованиями в сертифицированных лабораториях, математической обработкой данных и положительными результатами при использовании данной системы удобрения в хозяйствах Ульяновской области.

Апробация работы. Результаты исследований по теме диссертации докладывались и обсуждались на внутривузовских научных конференциях Ульяновского ГАУ (2011–2016 гг.), Всероссийском конкурсе научно-исследовательских работ в области биологических наук в рамках Всероссийского фестиваля науки (Ульяновск, 2011); конкурсе научно-исследовательских работ в области лесного, водного хозяйства, экологии, Международной научно-практической конференции «Микроэлементы и регуляторы роста в питании растений: теоретические и практические аспекты» (Ульяновск, 2014); IV Поволжском региональном конкурсе научных работ, посвященном памяти Н.И. Глуховцевой (Самара, 2014); молодежной межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и магистрантов (Нижний Новгород, 2014); научной конференции «Молодежь и наука XXI века» (Ульяновск, 2017).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 202 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 7 глав, заключения, предложений производству, включает 37 таблиц, 10 рисунков, 23 таблицы в приложении. Библиографический список включает 235 источников отечественных и зарубежных авторов.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность и благодарность научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук профессору Куликовой Алевтине Христофоровне, доценту Яшину Е.А., доценту Захарову Н.Г., доценту Карпову А.В., аспирантке

Захаровой Д.А. и всему коллективу кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология» Ульяновского ГАУ за оказанную помощь на различных этапах выполнения исследования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Кремний и кремнийсодержащие материалы в системе удобрения сельскохозяйственных культур (обзор литературных сведений)

Проведен аналитический обзор научной литературы по изучаемой проблеме. Рассмотрена роль кремния в питании и иммунной системе растений. Показана возможность использования кремнийсодержащих природных материалов и кремнийсодержащих соединений в системе удобрения сельскохозяйственных культур.

Глава 2. Условия и методика проведения исследований

Диссертационная работа выполнена на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2011–2016 гг. Для решения поставленных задач проведены 2 полевых опыта:

Опыт 1. Схема опыта по изучению эффективности кремнийсодержащих материалов в системе удобрения ячменя включала 10 вариантов: 1. Без удобрений (контроль); 2. СЗР (Беномил 500); 3. Диатомит (в рядки); 4. Диатомит (обработка семян – о/с); 5. Мивал–Агро (о/с); 6. N40P40K40 (фон); 7. N40P40K40 + СЗР; 8. N40P40K40 + диатомит (в рядки); 9. N40P40K40 + диатомит (о/с); 10. N40P40K40 + Мивал–Агро (о/с). Исследования проведены в 2011–2013 гг.

Опыт 2. Схема опыта с яровой пшеницей в 2014–2016 гг. предусматривала 12 вариантов: 1. Без удобрений (контроль); 2. ЭкSi (о/с); 3. ЭкSi (обработка посевов – о/п); 4. Диатомит (о/с); 5. Мивал–Агро (о/с); 6. Мивал–Агро (о/п); 7. N40P40K40 (фон); 8. N40P40K40 + ЭкSi (о/с); 9. N40P40K40 + ЭкSi (о/п); 10. N40P40K40 + диатомит (о/с); 11. N40P40K40 + Мивал–Агро (о/с); 12. N40P40K40 + Мивал–Агро (о/п).

В качестве минерального удобрения использовали нитроаммофоску (17:17:17) в дозе 40 кг д.в./га по главным питательным элементам. Мивал–Агро применялся для обработки посевного материала и вегетирующих растений, расход препарата 5 г/т и 10 г/га соответственно.

Для изучения защитных свойств кремнийсодержащих материалов в схему полевого опыта с ячменем были включены варианты с протравливанием семян средством защиты растений (Беномил 500).

В 2014 г. схема опытов дополнена вариантами с обработкой семян и растений препаратом нового поколения на основе активного кремния ЭкSi–универсал (компания «Эккор»), норма расхода материала 1л/т и

3 л/га соответственно. По своему химическому составу препарат представляет собой раствор концентрированной монокремниевой кислоты.

Во все годы исследований предшественником яровой пшеницы была озимая пшеница, размещаемая по чистому пару. Посевная площадь делянок 40 м² (4x10), учетная – 18 м² (1,8x10). Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок рендомизированное. Уборка урожая проводилась комбайном Tergion Sampo SR2010.

Химические средства защиты (кроме вариантов с СЗР) в опыте не применялись. Технология возделывания экспериментальных культур основывалась на общепринятой в регионе.

Почва опытного поля чернозем выщелоченный среднесуглинистый со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,3–4,5 % (средняя обеспеченность), обеспеченность подвижным фосфором по Чирикову 142–180 мг/кг (повышенная и высокая), калием – 138–141 мг/кг (высокая), рН_{KCl} 5,2–5,4 ед. (слабокислая), содержание актуального кремния 35–38 мг/кг (низкий уровень дефицита, по Матыченкову, 2007).

Метеорологические условия 2011–2016 гг. значительно отличались. Распределение осадков и температуры за вегетационные периоды было неравномерным. Более благоприятные климатические условия в течение вегетации яровых зерновых культур наблюдались в 2011 и 2014 гг.

Организация полевых опытов, проведение наблюдений и лабораторных анализов осуществлялись по общепринятым методикам и ГОСТам. Все анализы проведены в аккредитованной агрохимической лаборатории ФГБУ «САС «Ульяновская» (№ RA.RU.510251) и испытательной лаборатории «Ульяновская ГСХА» (№ РОСС RU.0001.513748).

Экономическая оценка технологий возделывания культур проводилась с учетом технологических карт, по системе натуральных и стоимостных показателей с использованием нормативов и расценок, принятых для производственных условий опытного поля Ульяновского ГАУ (2016 г.).

Биоэнергетическая эффективность изучаемых факторов рассчитывалась по совокупным затратам энергоресурсов на возделывание яровых зерновых культур и накоплению потенциальной энергии в основной и побочной продукции (Базаров, Глинка, 1983; Коринец, 1985).

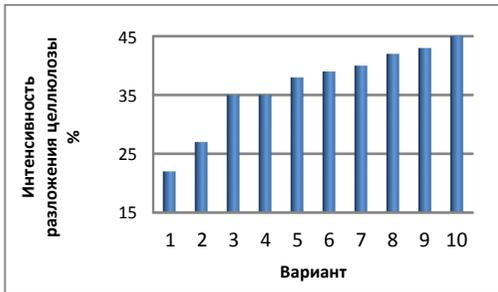
Полученные результаты исследований подвергались математической обработке следующими методами: дисперсионный анализ по двухфакторной схеме – две градации фактора А (без удобрений и фон NPK), 5 (опыт 1) и 6 (опыт 2) градаций фактора В (кремнийсодержащие материалы) (Доспехов, 2011) и корреляционно–регрессионный анализ с использованием программного обеспечения MS Excel 2010, Statistica 6.1.

Глава 3. Влияние кремнийсодержащих материалов и минерального удобрения на свойства чернозема выщелоченного

3.1. Биологическая активность почвы.

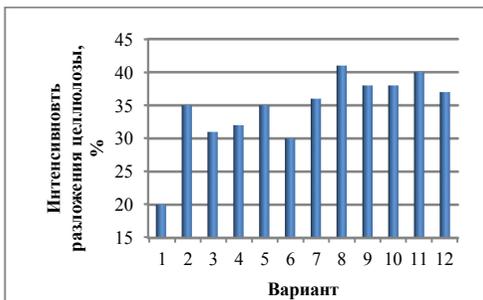
Для оценки микробиологического состояния почвы нами использован широко применяемый метод аппликаций, который позволяет наблюдать за функционированием живого компонента почвы в пространстве и во времени непосредственно в полевых условиях (Мишустин, 1972; Медведева, 2009).

Применение диатомита, кремнийсодержащего препарата Мивал-Агро, СЗР и минеральных удобрений оказало существенное влияние на активность целлюлозоразлагающей части почвенного микробного сообщества под посевами ярового ячменя и яровой пшеницы (рисунки 1 и 2).



1. Без удобрений (контроль);
2. СЗР(Беномил 500);
3. Диатомит (в рядки);
4. Диатомит (о/с);
5. Мивал–Агро (о/с);
6. **N40P40K40 (фон);**
7. N40P40K40 + СЗР;
8. N40P40K40 + диатомит (в рядки);
9. N40P40K40 + диатомит (о/с);
10. N40P40K40 + Мивал-Агро (о/с).

Рисунок 1 – Интенсивность разложения льняного полотна в пахотном слое чернозема выщелоченного под посевами ярового ячменя, 2012–2013 гг.



1. Без удобрений (контроль);
2. ЭКSi (о/с);
3. ЭКSi (о/п);
4. Диатомит (о/с);
5. Мивал–Агро (о/с);
6. Мивал–Агро (о/п);
7. **N40P40K40 (фон);**
8. N40P40K40 + ЭКSi (о/с);
9. N40P40K40 + ЭКSi (о/п);
10. N40P40K40 + диатомит (о/с);
11. N40P40K40 + Мивал–Агро (о/с);
12. N40P40K40 + Мивал–Агро (о/п).

Рисунок 2 – Интенсивность разложения льняного полотна в пахотном слое чернозема выщелоченного под посевами яровой пшеницы, 2014–2015 гг.

Несмотря на разные сложившиеся погодные условия, целлюлозоразлагающая активность почвы находилась в среднем на уровне 20–22 %. Использование кремнийсодержащих материалов и минерального удобрения усилило процессы деструкции льняного полотна на 17–23 % при возделывании ярового ячменя и на 16–21 % – яровой пшеницы. На удобренном фоне сохранилась тенденция их влияния на активность почвенных микроорганизмов. Положительное влияние кремнийсодержащих материалов на активность целлюлозоразлагающей части микрофлоры чернозема выщелоченного создает предпосылки для формирования благоприятных условий питания культур, что в дальнейшем способствовало повышению их продуктивности и улучшению качества продукции.

3.2. Агрохимические показатели.

В течение вегетационного периода всех годов исследования под посевами культур определялись агрохимические показатели почвы (содержание гумуса, подвижных соединений фосфора и калия, гидролитическая и обменная кислотность). Отбор почвенных образцов осуществлялся в 3 срока. На рисунках 3 и 4 приведены данные содержания $N-NO_3$ и $N-NO_4$ в пахотном слое чернозема выщелоченного.

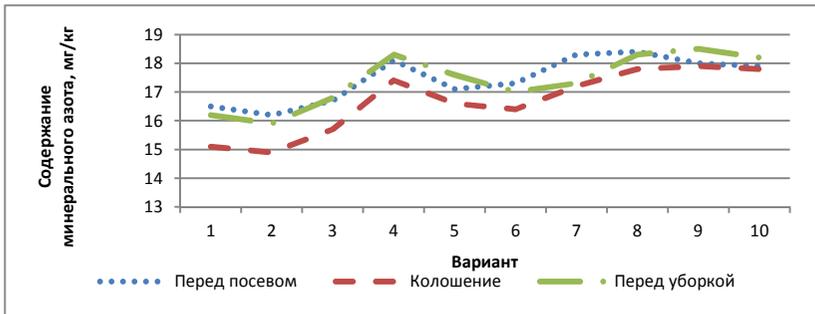


Рисунок 3 – Динамика содержания $N-NO_3 + N-NH_4$ в почве под посевами ярового ячменя, мг/кг (2012 г.)

При использовании кремнийсодержащих материалов наблюдалось улучшение всех агрохимических показателей почвы, или они оставались на прежнем уровне. При этом, несмотря на активное потребление элементов растениями на формирование урожайности, в среднем за вегетацию в пахотном слое поддерживался средний уровень минерального азота (> 16 мг/кг почвы), высокий – подвижного фосфора (> 150 мг/кг почвы) и калия (> 140 мг/кг почвы); содержание гумуса, обменная и гидролитическая кислотность существенных изменений не претерпели.

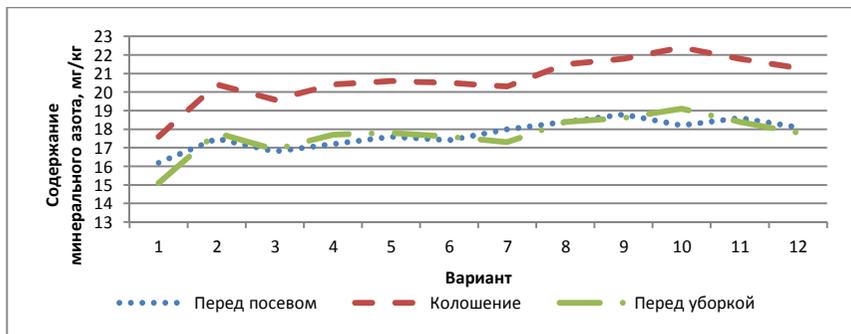


Рисунок 3 – Динамика содержания $N\text{-NO}_3 + N\text{-NH}_4$ в почве под посевами яровой пшеницы, мг/кг (2014 г.)

Питательный режим почвы в значительной степени определяется биологической активностью почвы. На рисунке 5 отображена зависимость содержания минерального азота от активности целлюлозолитической части почвенного микробиоценоза.

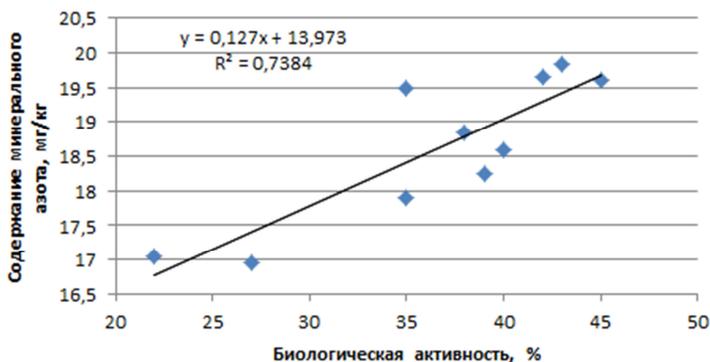


Рисунок 5 – Влияние биологической активности почвы (x) на содержание минерального азота в почве (y) (среднее за 2012–2013 гг.).

Глава 4. Состояние посевов, урожайность и качество продукции зерновых культур в зависимости от применения в технологии возделывания кремнийсодержащих материалов и минерального удобрения.

Урожайность культур определяется комплексом взаимодействующих факторов и признаков таких, как тепло и влага, генетический потенциал сорта, обеспеченность элементами питания, уровень земледелия в

целом. При этом большое значение имеет состояние посевов, в том числе пораженность их болезнями, вредителями и т.д.

4.1.1, 4.2.1. Фитосанитарное состояние посевов. Исследования показали несомненную защитную роль кремнийсодержащих материалов, обусловленной активным кремнием (табл. 1).

Таблица 1 – Пораженность посевов ячменя корневыми гнилями, %

Вариант	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее
1. Без удобрений (контроль)	19,9	25,0	15,3	20,1
2. СЗР	18,1	12,8	11,8	14,2
3. Диатомит 40 кг/га (в рядки)	19,0	21,9	11,0	17,3
4. Диатомит 30 кг/т (о/с)	17,4	17,4	11,3	15,4
5. Мивал-Агро (о/с)	16,1	14,8	15,0	15,3
6. N40P40K40 (фон)	18,2	20,8	16,0	18,3
7. N40P40K40 + СЗР	13,6	17,8	12,0	14,5
8. N40P40K40 + диатомит 40 кг/га (в рядки)	16,8	16,9	11,3	15,0
9. N40P40K40 + диатомит 30 кг/т (о/с)	16,1	11,2	12,0	13,1
10. N40P40K40 + Мивал-Агро (о/с)	15,5	10,0	10,3	11,9
НСР ₀₅	Фактор А	0,6	0,7	1,2
	Фактор В	1,0	1,1	1,9

При этом по влиянию на пораженность растений ячменя грибковыми заболеваниями диатомит при внесении как в чистом виде, так и при предпосевной обработке семян в отдельные годы не уступал средству защиты растений, более того, превосходил (2011 и 2013 гг.) Использование кремнийсодержащих препаратов защищает посевы ячменя и на фоне минеральных удобрений. Аналогичная закономерность проявлялась при возделывании яровой пшеницы: пораженность посевов ее данными патогенами в среднем изменялась от 15,3 до 18,1 % при отдельном использовании ЭкSi, Мивал–Агро, диатомита и от 13,4 до 15,8 % совместно с внесением полного минерального удобрения, тогда как на контроле она составляла 19,8 %.

4.1.2, 4.2.2. Урожайность. Урожайность ярового ячменя и яровой пшеницы представлена в таблицах 2 и 3. Использование кремнийсодержащих материалов в технологии возделывания яровых зерновых культур способствовало повышению их продуктивности. При использовании диатомита, Мивал–Агро в чистом виде прибавка урожайности ячменя составила 0,13–0,35 т/га (5–15 %), в случае сочетания с внесением минерального удобрения – 0,64–0,76 (27–32 %).

Таблица 2 – Урожайность зерна ячменя в зависимости от применения диатомита, кремнийсодержащего препарата Мивал–Агро, СЗР и минерального удобрения

Вариант	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля	
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя	т/га	%
1. Без удобрений (контроль)	3,08	1,54	2,62	2,41	-	-
2. СЗР	3,22	1,63	3,03	2,63	0,22	9
3. Диатомит 40 кг/га (в рядки)	3,25	1,71	2,67	2,54	0,13	5
4. Диатомит 30 кг/т (о/с)	3,28	1,62	3,08	2,67	0,26	11
5. Мивал-Агро (о/с)	3,35	1,72	3,22	2,76	0,35	15
6. N40P40K40 (фон)	3,45	2,04	3,25	2,91	0,50	21
7. N40P40K40 + СЗР	3,51	2,10	3,37	2,99	0,58	24
8. N40P40K40 + диатомит 40 кг/га (в рядки)	3,55	2,18	3,41	3,05	0,64	27
9. N40P40K40+ диатомит 30 кг/т (о/с)	3,61	2,19	3,57	3,12	0,71	29
10. N40P40K40+ Мивал–Агро (о/с)	3,66	2,24	3,60	3,17	0,76	32
НСР ₀₅	Фактор А	0,10	0,05	0,11		
	Фактор В	0,12	0,07	0,18		

Таблица 3 – Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от применения кремнийсодержащих препаратов, диатомита и минерального удобрения

Вариант	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля	
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	средняя	т/га	%
1. Без удобрений (контроль)	2,69	2,06	1,74	2,16	-	-
2. ЭкSi (о/с)	2,90	2,51	2,03	2,48	0,32	15
3. ЭкSi (о/п)	2,87	2,37	1,96	2,40	0,24	11
4. Диатомит 30 кг/т (о/с)	2,79	2,23	1,85	2,29	0,13	6
5. Мивал-Агро (о/с)	3,10	2,41	2,07	2,53	0,37	17
6. Мивал-Агро (о/п)	3,02	2,22	1,84	2,36	0,20	9
7. N40P40K40 (фон)	2,99	2,35	2,15	2,50	0,34	16
8. N40P40K40 + ЭкSi (о/с)	3,25	2,59	2,36	2,73	0,57	26
9. N40P40K40 + ЭкSi (о/п)	3,10	2,40	2,09	2,53	0,37	17
10. N40P40K40 + диатомит 30 кг/т (о/с)	3,06	2,43	2,23	2,57	0,41	19
11. N40P40K40 + Мивал-Агро (о/с)	3,20	2,56	2,31	2,69	0,53	24
12. N40P40K40 + Мивал-Агро (о/п)	3,14	2,40	2,14	2,56	0,40	19
НСР ₀₅	Фактор А	0,20	0,10	0,13		
	Фактор В	0,11	0,06	0,07		

Опрыскивание вегетирующих растений яровой пшеницы кремневыми препаратами (Мивал-Агро, ЭкSi) увеличивало продуктивность культуры на 0,20 – 0,24 т/га (9 – 11 %) при отдельном применении и на 0,37 – 0,40 т/га (17 – 19 %) совместно с минеральным удобрением.

Обработка семян яровой пшеницы кремнийсодержащими материалами (диатомит, Мивал-Агро, ЭкSi) обеспечило повышение урожайности культуры на 0,13 – 0,37 т/га (6 – 17 %), на удобренном фоне прибавка составила 0,41 – 0,57 т/га (19 – 26 %). Более высокая продуктивность ячменя получена на варианте с сочетанием Мивал-Агро с внесением минерального удобрения и составила 3,17 т/га (контроль 2,41 т/га), яровой пшеницы – при сочетании предпосевной обработки семян кремниевым препаратом ЭкSi с применением NPK и равна 2,73 т/га (контроль 2,16 т/га). Кремнийсодержащие материалы позволяют увеличить количество клейковины в зерне яровой пшеницы. При использовании в чистом виде показатель составил 26,3 – 30,1 %, на удобренном фоне увеличился до 27,8 – 30,9 %, тогда как на контроле – 23,9 %.

На продуктивность культур оказало негативное воздействие поражённость посевов возбудителями корневых гнилей, о чем свидетельствует обратная связь между показателями (рисунок 6).

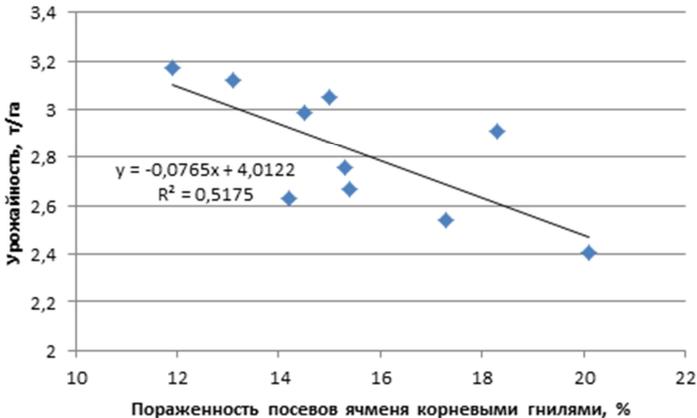


Рисунок 6 – Зависимость урожайности ячменя (y) от поражённости посевов корневыми гнилями (x)

4.1.3., 4.2.3. Содержание и вынос основных макроэлементов.

Применение кремнийсодержащих материалов способствовало увеличению выноса азота, фосфора и калия основной и побочной продукцией яровых зерновых культур. На вариантах с внесением минерального удобрения основные макроэлементы усваивались растениями более интенсивно.

но. Вынос азота ячменем при этом превысил контроль на 4,5–39,8 кг/га, фосфора – на 1,8–19,5 кг/га, калия – на 3,5–23,4 кг/га. Максимальное потребление элементов наблюдалось на варианте совместного использования Мивал-Агро и минерального удобрения. Вынос азота яровой пшеницей увеличился в сравнении с контрольным значением на 5–23,5 кг/га, фосфора – 4,3–13,3 кг/га, калия – 4,6–14,3 кг/га. Наиболее высокое усвоение макроэлементов отмечено при сочетании обработки посевного материала кремниевым препаратом ЭкSi с внесением минерального удобрения.

4.1.4., 4.2.4. Экологическая оценка продукции. При внесении в почву любых материалов в качестве мелиорантов или удобрений необходим контроль над поступлением в продукцию токсикантов, в том числе и тяжелых металлов (ТМ). Определение ТМ в зерне ярового ячменя и яровой пшеницы показало, что кремнийсодержащие материалы в существенной мере способствуют получению экологически более безопасной продукции. При этом в зерне ячменя снижение накопления цинка составило 27–31 %, меди 2–18 %, свинца 6–39 %, кадмия 9–16 %, никеля 4–30 %; яровой пшеницы соответственно – цинка 4–10 %, меди 1–3 %, свинца 11–21 %, кадмия 6–24 %, никеля 4–18 %. По-видимому, последнее обусловлено способностью монокремниевой кислоты снижать подвижность металлов за счет образования с ними труднорастворимых соединений (Матыченков, 2008) и адсорбционной способности диатомита.

Глава 5. Баланс элементов питания в черноземе выщелоченном при использовании в технологии возделывания зерновых культур кремнийсодержащих материалов и минерального удобрения.

Плодородие почв и продуктивность земледелия заметно снижается, если при длительном возделывании сельскохозяйственных культур наблюдается отрицательный баланс элементов питания. Расчеты показали, что на вариантах с применением кремнийсодержащих материалов в чистом виде сложился напряженный баланс основных макроэлементов в связи с большим выносом питательных веществ и возросшей массой продукции культур. Однако применение диатомита, Мивал-Агро на удобренном фоне при возделывании ячменя способствовало возмещению затрат: азота на 51–60 %, фосфора – 83–93 %, калия – 66–69 %; диатомита, Мивал-Агро, ЭкSi при выращивании яровой пшеницы на 53–58 %, 23–83 % и 69–75 % соответственно.

Глава 6. Экономическая эффективность применения в технологии возделывания зерновых культур кремнийсодержащих материалов и минерального удобрения.

Применение кремнийсодержащих материалов в технологии возделывания яровых зерновых культур является экономически целесообразным. При этом уровень рентабельности составил 154–156 % при возделывании ячменя и 147–162 % – яровой пшеницы. Использование их совместно с внесением минеральных удобрений менее эффективно, однако дополнительное применение последних обеспечивает поддержание эффективного плодородия почвы на оптимальном для большинства сельскохозяйственных культур уровне.

Глава 7. Биоэнергетическая эффективность применения в технологии возделывания зерновых культур кремнийсодержащих материалов.

Более полную оценку технологиям возделывания сельскохозяйственных культур можно провести на основе системно–энергетического подхода, который дает возможность количественно определить энергозатраты, степень их окупаемости при производстве растениеводческой продукции.

При выращивании ячменя наиболее энергетически эффективными при применении в чистом виде являются технологии с использованием Мивал–Агро и диатомита для предпосевной обработки семян с коэффициентами биоэнергетической эффективности 2,73 и 2,65 соответственно (контроль – 2,45); яровой пшеницы – так же Мивал–Агро и ЭкSi для обработки семян коэффициенты эффективности составили 2,56 и 2,50 (контроль – 2,24). Аналогичные варианты на удобренном фоне также с точки зрения управления энергетическими потоками более выгодны с коэффициентами 2,38 и 2,35 и 1,91–1,98. В структуре затрат энергии наибольший удельный вес при возделывании зерновых культур занимают топливо – 26,6–40,2 %, затем минеральные удобрения – 22,0–31,0 % и посевной материал – 24,0–35,5 %. Доля затрат при использовании кремнийсодержащих препаратов и диатомита не превышает 0,3–0,5 % от общих энергозатрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Под воздействием изучаемых факторов под посевами яровых зерновых культур увеличивалась активность почвенных микроорганизмов. При обработке посевного материала кремнийсодержащими материалами (диатомит, Мивал–Агро и ЭкSi) активность целлюлозолитической части микробного сообщества почвы находилась на уровне 12–15 %, в сочетании с NPK – 18–21 %. Отдельное применение диатомита, Мивал–Агро в системе удобрения ячменя позволило повысить ее на 13–16 % по

сравнению с контролем, на удобренном фоне – на 20–23 %. Использование в системе удобрения яровой пшеницы кремниевых препаратов (Мивал–Агро и ЭкSi) для опрыскивания посевов способствовало увеличению биологической активности почвы на 10 – 11%, совместно с минеральным удобрением – на 17 – 18 %.

2. Под влиянием изучаемых приемов улучшились или сохранились на прежнем уровне агрохимические показатели почвы. Несмотря на активное потребление элементов питания растениями на формирование основной и побочной продукции на протяжении всего вегетационного периода кремнийсодержащие материалы, в большей степени на фоне полного минерального удобрения, способствовали поддержанию в пахотном слое среднего уровня содержания минерального азота (> 16 мг/кг почвы), высокого – подвижного фосфора (>150 мг/кг почвы) и калия (>140 мг/кг почвы). Содержание гумуса, обменная и гидролитическая кислотность существенных изменений не претерпевали.

3. Применение кремнийсодержащих материалов оказало защитное действие на состояние посевов яровых зерновых культур, которое проявилось и при их использовании совместно с внесением минерального удобрения. Пораженность растений ячменя корневыми гнилями в среднем за годы исследований при использовании диатомита и Мивал–Агро в чистом виде составила 15,3–17,3 %, на удобренном фоне 11,9–15,0 % при значении показателя на контроле 20,1 %. Пораженность посевов яровой пшеницы при отдельном применении ЭкSi, Мивал–Агро, диатомита в среднем изменялась от 15,3 до 18,1 %, совместно с полным минеральным удобрением от 13,4 до 15,8 %, при этом контрольное значение показателя составило 19,8 %.

4. Использование кремнийсодержащих материалов в технологии возделывания яровых зерновых культур способствовало повышению их продуктивности. При использовании диатомита, Мивал–Агро в чистом виде прибавка урожайности ячменя составила 0,13–0,35 т/га (5–15 %), в случае сочетания с внесением минерального удобрения – 0,64–0,76 (27–32 %).

Опрыскивание вегетирующих растений яровой пшеницы кремниевыми препаратами (Мивал–Агро, ЭкSi) увеличивало продуктивность культуры на 0,20–0,24 т/га (9–11 %) при отдельном применении и на 0,37–0,40 т/га (17–19 %) совместно с минеральным удобрением. Обработка семян яровой пшеницы кремнийсодержащими материалами (диатомит, Мивал–Агро, ЭкSi) обеспечило повышение урожайности культуры на 0,13–0,37 т/га (6–17 %), на удобренном фоне прибавка составила 0,41 – 0,57 т/га (19–26 %). Более высокая продуктивность ячменя получена на варианте с сочетанием Мивал–Агро с внесением минерального удобрения и составила 3,17 т/га (контроль 2,41 т/га), яровой пшеницы – при сочета-

нии предпосевной обработки семян кремниевым препаратом ЭкSi с применением NPK и равна 2,73 т/га (контроль 2,16 т/га).

5. Применение кремнийсодержащих материалов способствовало увеличению выноса азота, фосфора и калия основной и побочной продукцией яровых зерновых культур, на вариантах с внесением минерального удобрения основные макроэлементы усваивались растениями более интенсивно. Вынос азота ячменем при этом превысил контроль на 4,5 – 39,8 кг/га, фосфора – на 1,8–19,5 кг/га, калия – на 3,5–23,4 кг/га. Максимальное потребление элементов наблюдалось на варианте с сочетанием Мивал-агро и минеральным удобрением. Вынос азота яровой пшеницей увеличился в сравнении с контрольным вариантом на 5–23,5 кг/га, фосфора – 4,3–13,3 кг/га, калия – 4,6–14,3 кг/га. Наиболее высокое усвоение макроэлементов отмечено при обработке посевного материала кремниевым препаратом ЭкSi и внесением минерального удобрения.

6. При использовании кремнийсодержащих материалов в чистом виде сложился напряженный баланс основных макроэлементов в связи с большей урожайностью основной и побочной продукцией. Баланс основных элементов питания при выращивании ячменя был дефицитным: по азоту от – 57 до 69 кг/га, по фосфору от – 31 до – 36 кг/га, калию от –42 до –49 кг/га; яровой пшеницы – по азоту от – 70 до – 81 кг/га, по фосфору от – 36 до – 39 кг/га, по калию от – 46 до – 49 кг/га. Однако применение диатомита и Мивал-Агро на удобренном фоне в технологии возделывания ячменя способствовало возмещению затрат основных макроэлементов: азота на 51–60 %, фосфора – 83–93 %, калия 66–69%; при использовании диатомита и кремниевых препаратов при выращивании яровой пшеницы: азота – 53–58 %, фосфора – 83–93 %, калия – 66–69 %. Наиболее высокое усвоение макроэлементов отмечено при обработке посевного материала кремниевым препаратом ЭкSi и совместно с внесением минерального удобрения.

7. Кремнийсодержащие материалы позволяют увеличить содержание белка и клейковины в зерне яровой пшеницы. При их использовании в чистом виде показатели равны 13,9 – 14,2 % и 26,3 – 30,1 %, на удобренном фоне – 13,7 – 14,7 и 27,8 – 30,9 % соответственно, на контроле оно составило 13,4 % и 23,9 %.

8. Использование кремнийсодержащих материалов в технологии возделывания яровых зерновых культур позволяет получать экологически более безопасную продукцию. Под их действием наблюдалось снижение накопления в зерне ячменя цинка на 27–31 %, меди на 2–18 %, свинца на 6–39 %, кадмия на 9–16 %, никеля 4–30 %. В основной продукции яровой пшеницы содержание цинка уменьшилось на 4–10 %, меди на 3 %, свинца на 11–21 %, кадмия 6–24 %, никеля 4–18 %. Аналогичная закономерность

наблюдалась при совместном применении кремнийсодержащих материалов с минеральным удобрением.

9. Применение диатомита, Мивал–Агро и ЭкSi в технологии возделывания яровых зерновых культур является экономически целесообразным. При этом уровень рентабельности достигает 154–156 % при возделывании ячменя и 147–162 % – яровой пшеницы. Использование их совместно с внесением минеральных удобрений менее эффективно, однако дополнительное применение последних обеспечивает поддержание эффективного плодородия почвы на оптимальном для большинства сельскохозяйственных культур уровне.

10. При выращивании ячменя наиболее энергетически эффективными при применении в чистом виде являются технологии с обработкой семян Мивал–Агро и диатомитом: коэффициенты биоэнергетической эффективности составили 2,73 и 2,65 соответственно (контроль – 2,45); яровой пшеницы – с обработкой посевного материала Мивал–Агро и ЭкSi: коэффициенты эффективности 2,56 и 2,50 (контроль – 2,24) соответственно. Аналогичные варианты на фоне минерального удобрения с точки зрения управления энергетическими потоками более выгодны с коэффициентами 2,38; 2,35 и 1,91; 1,98. В структуре затрат энергии наибольший удельный вес при возделывании зерновых культур занимают топливо – 26,6–40,2 %, затем минеральные удобрения – 22,0–31,0 % и посевной материал – 24,0–35,5 %. Доля затрат при использовании кремнийсодержащих препаратов и диатомита не превышает 0,3–0,5 % от общих энергозатрат.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

1. С целью повышения урожайности и получения экологически более безопасной продукции при возделывании ярового ячменя на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья рекомендуем обрабатывать семена перед посевом кремнийсодержащими материалами: диатомитом с дозой 30 кг, Мивал–Агро с дозой 5 г. на 1 тону семян.

2. При возделывании яровой пшеницы на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья с целью повышения урожайности, содержания белка и клейковины в зерне рекомендуем проводить предпосевную обработку кремнийсодержащими препаратами Мивал–Агро с дозой 5 г/т семян, ЭкSi–универсал с дозой 1 л/т семян.

3. Предпосевную обработку семян проводить в день посева согласно рекомендациям производителей.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах и изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов научных исследований:

1. Куликова, А.Х. Эффективность кремнийсодержащих препаратов в защите посевов ячменя и получении экологически безопасной продукции / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, **В.С. Смывалов** // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4 (24). – С. 17–24.
2. Куликова, А.Х. Влияние минеральных удобрений, биологических препаратов Байкал ЭМ-1 и Ризоагрин на свойства почвы и урожайность ячменя / А.Х. Куликова, С.А. Никифорова, **В.С. Смывалов** // Агрохимия. – 2013. – № 5. – С. 31–39.
3. **Смывалов, В.С.** Влияние кремнийсодержащих материалов на урожайность и качество продукции яровой пшеницы / **В.С. Смывалов**, Д.А. Захарова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4 (36). – С. 55–59.
4. **Смывалов, В.С.** Влияние кремнийсодержащих материалов и минерального удобрения на биологическую активность чернозема выщелоченного / **В.С. Смывалов**, Д.А. Захарова, А.Е. Яшин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3 (39). – С. 19–25.

Статьи в других изданиях:

5. **Смывалов, В.С.** Роль кремния в иммунной системе растения / **В.С. Смывалов**, А.В. Кудряшов // Сборник материалов всероссийского конкурса научно-исследовательских работ. Ульяновск: УлГУ, 2011. – С. 188–190.
6. **Смывалов, В.С.** Влияние минеральных удобрений, диатомита и средств защиты растений на урожайность ячменя / **В.С. Смывалов** // Материалы всероссийской научной конференции «В мире научных открытий» / Ульяновск, 2012. – Том I. – С. 57–61.
7. Куликова, А.Х. Роль кремнийсодержащих материалов в защите посевов и получении экологически безопасной продукции ячменя / А.Х. Куликова, **В.С. Смывалов**, Д.А. Захарова // Экологические проблемы и пути их решения: естественнонаучные и культурные аспекты. Сборник статей по материалам молодежной межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и магистрантов (27 ноября 2014 г.). – Нижний Новгород, 2014. – С. 99–101.
8. Куликова, А.Х. Роль кремнийсодержащих материалов в получении экологически безопасной продукции ячменя / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, **В.С. Смывалов** // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, чл.-кор. МАО, академика РАЕН, Заслуженного работника

высшей школы РФ Костина Владимира Ильича. – Ульяновск, ГСХА им. П.А. Столыпина, 2014. – С. 74–78.

9. **Смывалов, В.С.** Влияние препарата ЭкSi на урожайность и качество продукции яровой пшеницы / **В.С. Смывалов**, Д.А. Захарова, А.Е. Яшин // Материалы Международной научной конференции «Молодежь и наука XXI века», 20-21 сентября 2017. Том 1. Ульяновск, УлГАУ, 2017. –С. 95–99.

10. **Смывалов, В.С.** Влияние препарата ЭкSi и минерального удобрения на биологическую активность чернозема выщелоченного / **В.С. Смывалов**, Д.А. Захарова, А.Е. Яшин // Материалы Международной научной конференции «Молодежь и наука XXI века», 20-21 сентября 2017. Том 1. Ульяновск, УлГАУ, 2017. – С. 100–104.

Отпечатано в типографии
Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина
Подписано в печать 17.10.2017 Формат 60x84/16
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл.печ.л. 1,0 Заказ __. Тираж 100 экз.
432980, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1