

2. Лукин, Ю.Н. Экономическая оценка земли: региональный аспект / Ю.Н. Лукин // Вестник Московского Университета. – Сер. Экономика. – 2004. - №5. – С. 80-90.
3. Полунин, Г. Оценка наиболее эффективного использования пашни / Г. Полунин, В. Петров // АПК: экономика, управление. – 2012. – №2. – С. 53-59.
4. Казаков, Г.И. Севообороты в Среднем Поволжье: монография / Г.И. Казаков, Р.В. Авраменко. – Самара: Книга, 2008. – 137 с.
5. Казаков, Г.И. Системы земледелия и агротехнологии возделывания полевых культур в Среднем Поволжье: монография / Г.И. Казаков, В.А. Милюткин. – Самара: РИЦ СГСХА, 2010. – 261 с.
6. Казаков, Г.И. Экологизация и энергосбережение в земледелии Среднего Поволжья: монография / Г.И. Казаков, В.А. Милюткин. – Самара: РИЦ СГСХА, 2010. – 245 с.
7. Жичкин, К.А. Роль информатизации в разработке и оптимизации систем территориального размещения сельскохозяйственного производства в регионе / К.А. Жичкин, А.Ю. Кувшинов // Информатизация в АПК: состояние, тенденции, перспективы. – М.: Энциклопедия российских деревень, 2012. – С. 273-276.
8. Жичкин, К.А. Информационное обеспечение в концепции оптимизации систем территориального размещения сельскохозяйственного производства в регионе / К.А. Жичкин, А.Ю. Кувшинов // Система информационного обеспечения Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: матер. VI Междунар. науч.-прак. конф. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – С. 129-134.
9. Сельское хозяйство: стат.сборник [Эл. ресурс] http://www.samarastat.ru/digital/region4/DocLib/14_раздел.pdf (дата обращения: 12.08.2013 г.)
10. Лобов, Г.Г. Почвы Куйбышевской области: монография / Г.Г. Лобов, И.С. Рабочев, В.А. Носин [и др.]; под ред. Г.Г. Лобова. – Куйбышев: Кн. изд-во, 1984. – 392 с.
11. Трегубов, Б.А. Оценка земель Куйбышевской области: монография / Б.А. Трегубов, Г.Г. Лобов, М.Г. Холина. – Куйбышев: Кн. изд-во. – 176 с.
12. Пенкин, А.А. Сравнительный анализ методик кадастровой оценки (на примере Самарской области) / А.А. Пенкин, К.А. Жичкин, А.В. Гурьянов // Вопросы оценки. – 2012. - №4. – С. 17-24.
13. Быкова, Н.Н. Экономическая оценка земли: монография / Н.Н. Быкова, Н.Р. Руденко. – М.: ВО Минсельхоза России, 2005. – 160 с.
14. Несмеянова, Н.И. Почвенный покров Самарской области и его качественная оценка: учеб. пособие / Н.И. Несмеянова, С.Н. Зудилин, А.С. Боровкова. – Самара: Изд-во СГСХА, 2007. – 124 с.

УДК 633.16 : 632

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ В ЗАЩИТЕ ПОСЕВОВ ЯЧМЕНЯ И ПОЛУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Куликова Алевтина Христофоровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Яшин Евгений Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Смывалов Владимир Сергеевич, аспирант кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А.Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)25-95-68,

e-mail: agroec@yandex.ru

Ключевые слова: средства защиты растений, кремнийсодержащие препараты, корневые гнили, урожайность.

Установлено, что кремнийсодержащие материалы, в том числе природного происхождения (диатомит), могут стать действенным средством повышения устойчивости ячменя к грибковым заболеваниям и получения более высокой и экологически безопасной продукции.

Введение

Роль кремния в системе «почва – растение» многогранна. Как показали исследования, одной из важнейших функций кремния является возможность повышать природную устойчивость растений к любым стрессам, вызванным как биогенными (насекомые, вредители, болезни), так и абиогенными (низкая и высокая температура, загрязнение почвы тяжелыми металлами, ксенобиотиками и др.) факторами.

Поволжье является крупнейшим зернопроизводящим регионом нашей страны, в том числе фуражного и пивоваренного ячменя. В структуре посевов Ульяновской области ячмень занимает 18–21% от площади зерновых культур. Однако средняя урожайность его за последнее десятилетие не превышает 1,6–1,8 т/га. Имеются острые проблемы с качеством зерна, которое, помимо комплекса почвенно-климатических условий, в значительной степени определяется агротехникой возделывания. Очень часто сдерживающим фактором получения высоких урожаев ячменя являются паразитарные заболевания, среди которых особенно вредны корневые гнили, пятнистости листьев, головня.

В системе защитных мероприятий, в том числе от корневых гнилей, основополагающим является химический метод. Однако последний чреват негативными последствиями, так как остаточные количества химических средств защиты растений могут поступать по пищевым цепям в организм человека и животных.

В связи с вышесказанным изучение возможности замены химических средств защиты растений экологически безопасными кремнийсодержащими материалами весьма актуально.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись:

– ячмень яровой Нутанс 553. Включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, с 1997 г. В настоящее время разрешен для производственного использования по Центрально-Черноземному, Средневолжскому, Нижневолжскому и Уральскому регионам РФ. Основное достоинство сорта – высокая засухоустойчивость. Среднеустойчив к твердой головне, восприимчив к пыльной головне и к гельминтоспориозным пятнистостям [1];

– диатомит, измельченный до порошкообразного состояния. В нем содержится 85,2 % оксида кремния, из них 42 % – в аморфном состоянии. Кроме того, в составе диатомита присутствуют 1,06 % K_2O ; 0,21 % SO_3 ; 0,05 % P_2O_5 и другие элементы, которые важны с точки зрения питания растений;

– Мивал-Агро – кремнийорганический регулятор роста растений. Обладает широким спектром биологического действия, адаптогенными и антиоксидантными свойствами. Экологически безопасен, отличается высокой эффективностью, простотой использования [2].

Изучение эффективности средства защиты растений (СЗР, Беномил 500) и кремнийсодержащих материалов (диатомит, Мивал-Агро) в технологии возделывания ячменя проводилось в двухфакторном мелкоделяночном опыте по следующей схеме: 1-й вариант – контроль; 2-й вариант – СЗР (Беномил 500); 3-й вариант – диатомит 40 кг/га (в рядки); 4-й вариант – диатомит 30 кг/т (обработка семян); 5-й вариант – Мивал-Агро 5 г/т (обработка семян); 6-й вариант – N40P40K40 (под предпосевную культивацию); 7-й вариант – N40P40K40 + СЗР (Беномил 500); 8-й вариант – N40P40K40 + диатомит 40 кг/га (в рядки); 9-й вариант – N40P40K40 + диатомит 30 кг/т (обработка семян); 10-й вариант – N40P40K40 + Мивал-Агро 5 г/т (обработка

семян).

Общая площадь делянки 40 м² (4х10), учетная 18 м² (1,8х10), повторность 4-кратная, расположение их рендомизированное.

Агрохимическая характеристика почвы (чернозем выщелоченный), где непосредственно проводились опыты, следующая: содержание гумуса 4,3 %, подвижных соединений фосфора и калия (по Чирикову) 193 и 152 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,6.

Посев ячменя проводили в оптимальные сроки (конец апреля – начало мая) сеялкой ССНП-16 рядовым способом, вслед за культивацией. Норма высева составляла 4,5 млн. всхожих семян на гектар, или 250 кг/га в физическом весе, на глубину заделки 6–8 см.

Обработка семян проводилась в день посева в дозе: опудривание диатомитовым порошком – 30 кг/т семян (для удерживания диатомита на поверхности семян использовался прилипатель – NaKMц). Рабочий раствор, содержащий Мивал-Агро, готовился непосредственно перед обработкой. Посевы прикатывались кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6А. Уборку урожая осуществляли прямым комбайнированием комбайном Terrion Sampo SR2010.

Результаты исследований

Корневые гнили зерновых – это группа болезней гороха, пшеницы и ячменя со сходными внешними симптомами. Помимо культурных злаков, возбудители корневых гнилей поражают сорные растения, в результате чего наряду с инфицированными послеуборочными остатками они являются постоянными резервуарами возбудителей этой болезни.

Из них наиболее опасными являются

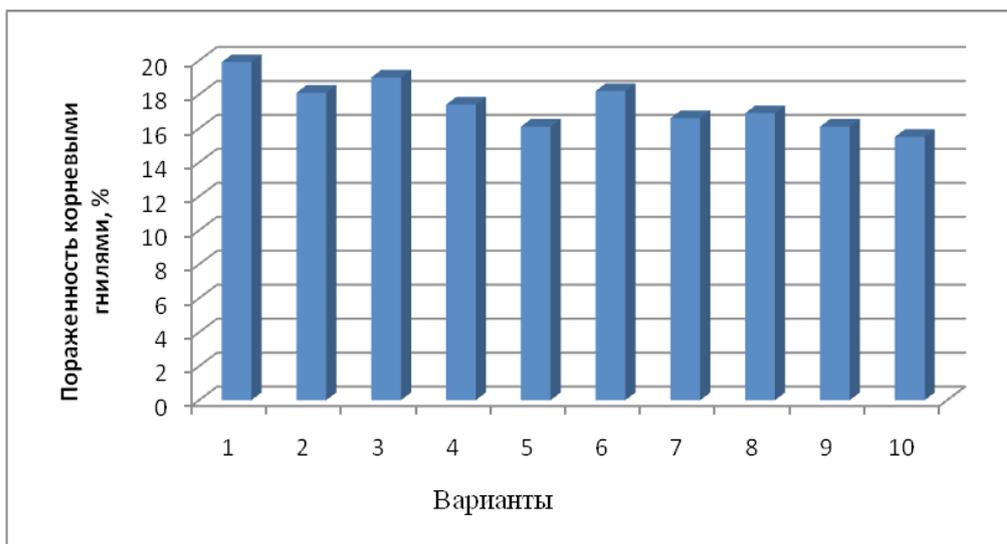


Рис. 1 - Влияние кремнийсодержащих препаратов и СЗР на поражаемость растений ячменя корневыми гнилями (2011 г.).

корневые гнили, вызываемые полупаразитными грибами родов *Fusarium*, *Bipolaris*, *Cercospora*, *Ophiobolus*, проявляющиеся в виде загнивания, разрушения корневой и прикорневой части растения и приводящие к потере 30 – 35 % урожая в зависимости от зоны возделывания. Подавление корневой гнили усложняется тем, что возбудители болезни – факультативные паразиты – способны длительное время (2–3 года *Fusarium spp.* и до 5 – 6 лет *B. Sorokiniana*) сохранять свою жизнеспособность в почве и растительных остатках [3].

Химические протравители семян эффективно и стабильно подавляют многие болезни и, прежде всего, головневые, обыкновенную корневую гниль и др. Однако с учетом возможных негативных последствий их применения, накопления в почве и растениях в последнее десятилетие ведется интенсивный поиск экологически безопасных препаратов, обладающих высокой иммуностимулирующей и антистрессовой активностью.

Как отмечалось ранее, одна из основных функций кремния в системе «почва – растение» – защитная. Приведенные на рисунке 1 данные подтверждают, что она в полной мере проявилась при возделывании ячменя.

Как показано на рис. 1, наибольшее поражение ячменя корневыми гнилями в 2011 г. наблюдалось на контроле и состави-

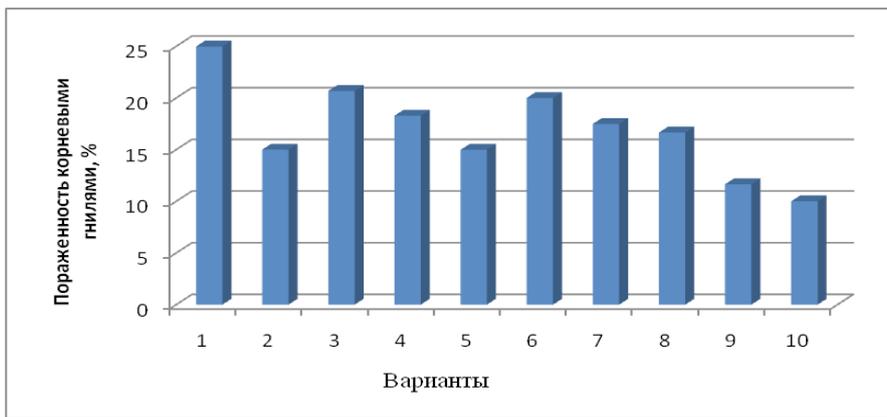


Рис. 2 – Влияние кремнийсодержащих препаратов и СЗР на поражаемость растений ячменя корневыми гнилями (2012 г.).

ло 19,9 %.

При применении средства защиты растений пораженность посевов снизилась на 1,8 %. Наименьшее поражение наблюдалось при использовании Мивал-Агро и составило 16,1 %. Использование диатомита для предпосевной обработки семян позволило уменьшить пораженность посевов на 2,5 % (17,4 %), то есть данный вариант незначительно уступал варианту с Мивал-Агро.

Таким образом, по влиянию на поражаемость растений грибковыми заболеваниями предпосевная обработка семян кремниевыми соединениями, в том числе диатомитом, в 2011 году не уступала средству защиты растений, более того, превосходила. Отмеченная закономерность проявлялась и при использовании данных препара-

тов на фоне минеральных удобрений. При использовании минеральных удобрений пораженность растений была на уровне применения средства защиты растений и составила 18,2 %. Предпосевная обработка семян диатомитом позволила снизить пораженность корневыми гнилями растений ячменя на 19 % (относительных), Мивал-Агро – на 22 %.

Следовательно, использование кремнийсодержащих препаратов на фоне минеральных удобрений максимально защищает посевы ячменя от корневых гнилей. Последнее обусловлено, по-видимому, не только защитными свойствами данных препаратов, но и лучшим развитием растений на фоне оптимального их питания, что, несомненно, повлияло на урожайность культуры. Результаты первого года исследований полностью подтвердились в 2012 году (рис. 2).

В менее благоприятный 2012 год пораженность посевов ячменя корневыми гнилями была значительно выше и составила 25,0 %. Однако действие изучаемых препаратов на инфекцию была существенно выше. Так, средство защиты растений

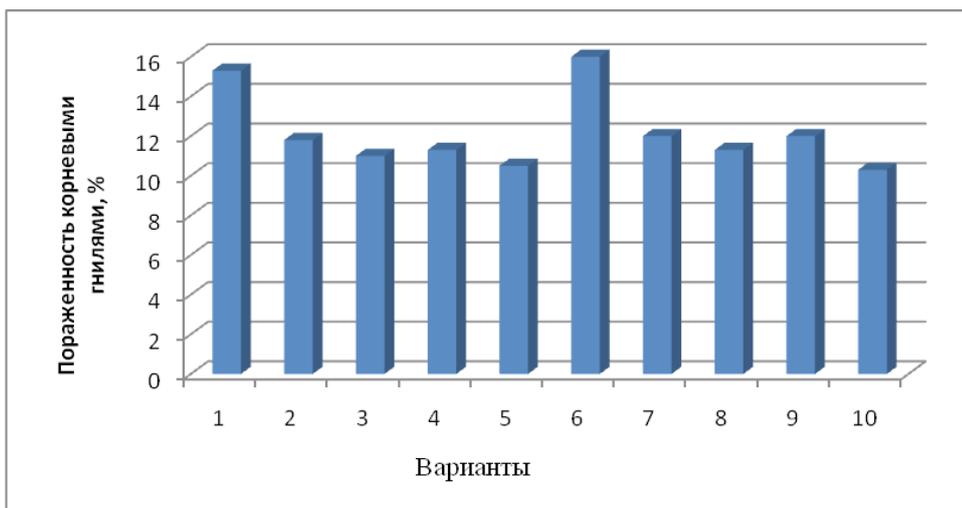


Рис. 3 – Влияние кремнийсодержащих препаратов и СЗР на поражаемость растений ячменя корневыми гнилями (2013 г.).

Беномил 500 снизил пораженность корней растений практически в 2 раза, предпосевная обработка семян диатомитом на 30 % (относительных), Мивал-Агро на 41 % (относительных). В 2,5 раза меньше поражались растения ячменя при использовании данных препаратов на фоне минеральных удобрений (варианты 9 и 10), что составило 11,2 и 10 % (абсолют-

Таблица 1

Урожайность зерна ячменя в зависимости от применения в технологии его возделывания диатомита, кремнийсодержащего препарата Мивал-Агро, СЗР и минеральных удобрений

№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля	
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя	т/га	%
1	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 (обр. семян)	3,28	1,62	3,08	2,67	0,26	11
5	Мивал-Агро	3,35	1,72	3,22	2,76	0,35	15
6	N40P40K40	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	0,56	27
9	N40P40K40 + диатомит 30 кг/т (обр. семян)	3,61	2,19	3,57	3,12	0,59	29
10	N40P40K40 + Мивал-Агро	3,66	2,24	3,60	3,17	0,64	32
НСР ₀₅	Фактор А	0,10	0,05	0,11			
	Фактор Б	0,12	0,07	0,18			

ные величины) соответственно.

Из двух способов применения диатомита по подавлению развития корневых гнилей растений ячменя в оба года исследований более эффективной являлась предпосевная обработка семян, чем внесение его в рядки, что позволило снизить пораженность посевов данным заболеванием до 17,4 % (при внесении диатомита в рядки она составила 19,4 и 21,9 %).

Аналогичное закономерное защитное влияние кремнийсодержащих препаратов на посевы ячменя наблюдалось и в 2013 году (рисунок 3): снижение пораженности их корневыми гнилями на варианте N40P40K40 + Мивал-Агро составило 33 относительных процента. При этом по эффективности как Мивал-Агро, так и диатомит превосходили химическое средство защиты растений (Бенонил 500) при применении как в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений (N40P40K40).

Таким образом, кремнийсодержащие материалы обладают несомненными защитными свойствами и могут снизить пораженность корневыми гнилями посевов ячменя в отдельные годы до 2,5 раз. Наибо-

лее эффективным в этом отношении является Мивал-Агро. Однако предпосевная обработка семян диатомитом в отдельные года (2013) уступала Мивал-Агро незначительно.

Урожайность определяется количеством взаимодействующих признаков и факторов, таких как: тепло, влага, воздух и питание растений в оптимальных количествах в соответствии с потребностью культурного растения. В том числе большое значение имеет состояние посевов, пораженность их вредителями, болезнями, насекомыми и т.д.

Урожайность зерна ячменя в зависимости от применения в технологии его возделывания изучаемых факторов представлена в табл. 1.

При анализе данных таблицы обращает на себя внимание практически двукратная разница в урожайности ячменя в различные годы, что обусловлено особенностями погодных условий вегетационных периодов 2011–2013 гг. 2011 год отличался оптимальными температурным и водным режимами, что способствовало формированию достаточно высокой урожайности зерна, которая варьировала в пределах 3,08 – 3,66 т/га (в

2 раза выше средней по области). 2013-й год также был относительно благоприятным для вегетации ячменя. Урожайность зерна на контроле составила 2,62 т/га. Применение средства защиты растений и кремнийсодержащих препаратов позволило достоверно повысить её на 0,41 – 0,60 т/га. В отличие от двух предыдущих лет внесение в рядки диатомита оказалось менее эффективным по сравнению с использованием его для предпосевной обработки семян.

В среднем за 3 года в группе вариантов с использованием средства защиты растений, диатомита для предпосевной обработки семян урожайность ячменя была на одинаковом уровне (2,63 и 2,67 т/га). Последнее подтверждает несомненную защитную роль диатомита. Эффективность Мивал-Агро при применении в чистом виде превышает изучаемые препараты, так урожайность культуры при его использовании на 0,09 – 0,22 т/га выше, чем в других вариантах.

Результаты исследования свидетельствуют, что минеральные удобрения остаются незаменимым средством повышения урожайности: прибавка зерна ячменя в данном варианте превысила контрольный в среднем на 0,5 т/га, а варианты со средством защиты растений и диатомитом – на 0,28–0,37 т/га.

Эффективность испытуемых препаратов резко возросла на фоне минеральных удобрений и повышалась по отношению к контрольному варианту в среднем за 3 года на 24 – 32 %. Последнее обуславливает необходимость возделывания ячменя с обязательным применением минеральных удобрений (как правило, данной культуре отводится последнее поле севооборота и удобрения не вносятся) с одной стороны и доказывает высокий синергизм взаимодействия минеральных удобрений с кремнийсодержащими препаратами, в том числе диатомитом, – с другой.

Механизм влияния кремния на иммунную систему растения может быть разносторонним. Ранее считалось, что защитные свойства кремния, содержащегося в растении, объясняются тем, что кремний способствует укреплению стенок эпидер-

миса, которые для грибков, насекомых и других вредителей становятся труднопреодолимым барьером [4, 5, 6]. Однако результаты современных исследований ставят эту гипотезу под сомнение. Так, предполагается, что кремний играет существенную роль в повышении способности растений сопротивляться инфекции за счет стимулирования природных защитных реакций. При достаточном кремниевом питании в растениях возрастает активность таких ферментов, как хитиназы, пероксидазы, полифенолоксидазы и увеличивается аккумуляция фенольных соединений. Данные ферменты катализируют расщепление гифов патогенных грибов, не позволяя им распространяться внутри растения [7, 8]. В.В. Матыченков [9] считает, что активные формы кремния в растении способствуют быстрому и направленному синтезу специфических молекул внутри растительной клетки, которые помогают ему преодолеть стресс или адаптироваться к нему.

В среднем за 3 года исследования наиболее высокая урожайность ячменя сформировалась на варианте с применением Мивал-Агро на фоне минеральных удобрений (N40P40K40) и составила 3,17 т/га, что на 0,76 т/га превышает контроль, или она была выше на 32 %. Прибавка урожайности от внесения диатомита как в рядки, так и при предпосевной обработке семян находилась или на уровне применения средства защиты растений (Беномил 500), или в отдельные годы превышала. Последнее доказывает не только несомненную агрономическую эффективность диатомита, но и его защитную роль.

С точки зрения получения экологически безопасной продукции важно не общее содержание тяжелых металлов в почве (ТМ), а их доступность растениям. ТМ претерпевают в почве, в зависимости от используемых в сельском хозяйстве технологий, химические превращения, в ходе которых токсичность их меняется в очень широких пределах. Наибольшую опасность представляют подвижные формы ТМ, так как они являются наиболее доступными для живых организмов [10]. Подвижность их зависит от

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в зерне ячменя в зависимости от изучаемых факторов, мг/кг (2012 г.)

№ п/п	Вариант	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
1	Контроль	22,5	3,85	0,95	0,12	1,2
2	СЗР	16,0	3,2	0,85	0,10	1,1
3	Диатомит 40 кг/га (в рядки)	14,0	3,2	0,50	0,08	0,8
4	Диатомит 30 кг/т (обр. семян)	17,0	3,7	0,60	0,09	1,1
5	Мивал-Агро	14,5	3,6	0,90	0,12	1,2
6	N40P40K40	14,5	3,7	0,90	0,14	1,0
7	N40P40K40 + СЗР	14,4	3,5	0,90	0,16	0,9
8	N40P40K40 + диатомит 40 кг/га (в рядки)	16,0	3,6	1,00	0,16	1,0
9	N40P40K40 + диатомит 30 кг/т (обр. семян)	16,5	3,7	0,95	0,13	1,0
10	N40P40K40 + Мивал-Агро	15,0	3,8	0,85	0,18	1,2
	ПДК	50,0	30,0	5,0	0,30	1,0

типа почвы, содержания органического вещества, кислотности, плотности почвы и других факторов [11]. В связи с этим важное практическое значение имеет познание механизмов и закономерностей поведения и распределения ТМ и поступления их в растениеводческую продукцию в зависимости от используемых в современном сельском хозяйстве технологий. Следовательно, при внесении в почву любых материалов в качестве мелиорантов или удобрений необходим контроль над поступлением при этом токсикантов, в том числе и тяжелых металлов, в сельскохозяйственную продукцию. В таблице 2 представлено содержание тяжелых металлов в зерне ячменя.

Исследования показали, что содержание тяжелых металлов в зерне ни по одному элементу, кроме никеля, содержание которого на уровне ПДК, не превышает предельно допустимых концентраций. По цинку оно ниже ПДК от 2,2 до 3,6 раз, меди – более 8 раз, свинцу – до 10 раз, кадмию – до 2 раз. Следовательно, большую опасность представляет никель, содержание которого в зерне находится на уровне ПДК, а по некоторым вариантам превышает его. Возможно, последнее обусловлено тем, что содержание никеля в почве хотя и несколько ниже ПДК, но достаточно высокое (на уровне 27 мг/кг при ПДК 35 мг/кг).

Следует отметить, что при применении как средства защиты растений, так и кремнийсодержащих препаратов наблюдалось значительное снижение содержания в продукции количества токсичных элементов. Последнее согласуется с литературными данными [12, 13, 14]. Наиболее эффективным в этом отношении является диатомит. Так, при внесении его в рядки содержание свинца в зерне уменьшалось с 0,95 до 0,5 мг/кг, или почти в 2 раза; при обработке семян – на 37 %; кадмия соответственно с

0,12 мг/кг до 0,08 мг/кг (на 33 %) и 0,09 мг/кг (на 25 %). Последнее объясняется тем, что диатомит обладает высокими адсорбционными свойствами и удерживает металлы от поступления в продукцию.

Данная закономерность проявлялась и при применении средства защиты растений и кремнийсодержащих материалов совместно с минеральными удобрениями. По-видимому, это связано с антагонистическим действием поступающих в растения в большом количестве макроэлементов на токсичные вещества и повышением устойчивости растений к действию последних.

Следовательно, использование диатомита и кремнийсодержащих материалов в технологии возделывания ячменя может стать действенным средством не только повышения устойчивости растений к грибковым заболеваниям, но и получения более высокой экологически безопасной продукции.

Следовательно, использование диатомита и кремнийсодержащих материалов в технологии возделывания ячменя может стать действенным средством не только по-

вышения устойчивости растений к грибковым заболеваниям, но и получения экологически безопасной продукции.

Выводы

1. Использование в технологии возделывания ячменя кремнийсодержащего препарата Мивал-Агро и диатомита позволяет достичь результатов, сравнимых с применением средства защиты растений. При этом пораженность корневыми гнилями растений ячменя в среднем за 3 года, при применении как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями, снижалась на 14 – 41 % (относительных).

2. Повышение урожайности ячменя в зависимости от изучаемых факторов в среднем за 3 года составило 0,13–0,35 т/га. Эффективность испытуемых препаратов резко возросла на фоне минеральных удобрений (N40P40K40) и прибавка урожайности зерна составляла от 0,58 (N40P40K40 + СЗР) до 0,76 (N40P40K40 + Мивал-Агро) т/га, то есть она повышалась по отношению к контролю на 24 – 32 %.

Библиографический список

1. Захарова, Н.Н. Каталог сортов и гибридов полевых культур: методическое пособие к лабораторно–практическим занятиям по курсам селекции, семеноводства и растениеводства / Н.Н. Захарова. – Ульяновск: УГСХА, 2010. – 81 с.

2. Агросил. Регуляторы роста растений URL:// <http://agrosil.ru>.

3. Григорьев, М.Ф. Эффективность биологических средств защиты растений в подавлении обыкновенной корневой гнили ячменя / М.Ф. Григорьев, И.К. Хохлова, В.А. Зинченко // Известия ТСХА. – 2010. – № 5. – С. 57–65.

4. Воронков, М.Г. Кремний и жизнь / М.Г. Воронков, Г.И. Зелчан, Э.Л. Лукевиц. –

Рига: Зинатне, 1978. – 587 с.

5. Epstein, E. Silicon // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1999. #50. P.641-659

6. Yoshida, S. The physiology of silicon in rice / S. Yoshida // Food Fert. tech. Centz. Tech. Bull. Taipei. Taiwany. – 1975. – № 4. – P. 8–12.

7. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber / A. Fawe, M. Abou-Zaid, J. Menzies, R. Belanger // Phytopathology. – 1998. № 88.

8. Wang X., Ou-yang C., Fan Z. Effects of exogenous silicon on seed germination and antioxidant enzyme activities of *Monordiacharantia* under salt stress // Journal of Animal & Plant Sciences. 2010. #6. P.700-708

9. Матыченков, В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение: автореф. дисс... докт. биол. наук / В.В. Матыченков М.: Пушкино, 2008. - 38 с.

10. Соколов, О.А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О.А. Соколов, В.А. Черников.– Пушкино, – 1999. – 164 с.

11. Мотианова, О.Е. Особенности распределения подвижных форм тяжелых металлов в почвах лесостепи Заволжья / О.Е. Мотианова // Тезисы докл. VIII междунар. конференции студентов и аспирантов по фундам. наукам «Ломоносов–2001». М., 2001. С. 81-84.

12. Neumann, D. Silicon and heavy metal tolerance of higher plants / D. Neumann, U. Nieten // Phytochemistry. – 2001. – № 56. – P.685-692.

13. Williams, D. Manganese toxicity in standard culture solutions / D. Williams, J. Vlamis // Plant Soil. – 1957. – №8. – P.193–193.

14. Никифорова, С.А. Эффективность предпосевной обработки семян ячменя биопрепаратами и диатомитовым порошком в условиях Среднего Поволжья: автореф. дисс... канд. с.-х. наук / С.А. Никифорова. - Ульяновск, 2004. -17 с.