О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Матыченкова Ивана Владимировича: "Взаимное влияние кремниевых, фосфорных и азотных удобрений в системе почва-растение", представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 06.01.04 - агрохимия

Исследования, посвященные влиянию кремний-содержащих препаратов на растения и почву имеют длительную историю. Использование кремниевых удобрений и мелиорантов способствует не только увеличению урожаев растений, но и повышает их природные защитные свойств к воздействию разных стрессов. Однако многие механизмы влияния соединений кремния на растения неясны, особенно взаимовлияние при использовании различных удобрений – кремниевых, фосфорных и азотных на систему почва-растение. Также мало изучены действия различных стресс-факторов в условиях применения комплексных удобрений и мелиорантов. Поэтому диссертационное исследование Матыченкова И.В., посвященное раскрытию механизмов взаимовлияния комплексного действия кремниевых и традиционных удобрений и мелиорантов на рост и развитие сельскохозяйственных растений актуальны и имеют теоретическое и практическое значение.

Новизна исследований диссертанта заключается в выявлении основных механизмов взаимодействия между активными соединениями кремния и традиционными минеральными удобрениями:

- В частности для труднорастворимых **фосфорных соединений,** имеющихся в почве и вносимых с удобрениями, показано, что

1. В фосфатах Са и Mg происходит реакция замещения фосфат-аниона на силикат-анион с высвобождением фосфора в раствор, и эта реакция имеет пролонгированное действие;
2. На поверхности вносимых силикатов происходит физическая адсорбция подвижных фосфатов, при этом они доступны для поглощения растениями, но предотвращается вымывание и инактивация фосфатов.
3. При воздействии монокремниевой кислоты на фосфориты уменьшается подвижность тяжелых металлов: свинца, кадмия, ртути, содержащихся в больших количествах с некоторых фосфоритах.

- При **совместном внесении в почву кремниевых и азотных удобрений**, их эффект заключается в том, что азотные туки лучше усваиваются растениями, повышается их продуктивность и снижается негативное влияние больших доз азотных удобрений на качество сельскохозяйственной продукции.

- Установлено, что в результате применения кремниевых удобрений увеличивается не только продуктивность растений, но и их солеустойчивость. Одним из основных механизмов при взаимодействии этих удобрений с растением является снижение скорости движения натрия в поверхностной части растений по их проводящей системе за счет блокировки натрия в корнях.

- С помощью применения цитофотометрического и генетического анализа ДНК растений удалось установить, что при внесении в почву активных форм кремния, которые легко могут поглощаться растениями, при этом в них улучшается жизнеспособность на уровне генома.

Все эти выводы получены диссертантом на основании огромного количества экспериментов, проводимых в вегетационных сосудах и полевых условиях. **Использовались несколько видов кремниевых удобрений:** диатомит, аморфный диоксид кремния и препарат с активированной формой кремния, которые вносились в почву в растворенном и твердом виде, использовался каждый вид кремниевых удобрений в отдельности и в комбинированном их сочетании. Автором выполнено изучение всех кремниевых препаратов на электронном микроскопе, и выявлено разное их структурное строение. Это важно для объяснения механизмов взаимодействия кремниевых препаратов и растений.

Удачно подобраны объекты исследования, ими служили почвы разных типов, имеющих контрастные свойства, с кислой и щелочной реакцией среды, разного гранулометрического состава, разного использования – целинные и агрокультурные аналоги. Широк набор растений, с которыми произведены эксперименты, повторность, которых была от 4 до 12 штук. Среди растений опыты проводились с большим набором их семейств и сортов, это были в основном зерновые: рис, кукуруза, солеустойчивый ячмень, и овощные культуры: различные виды капуст, томаты, перец, огурцы и др. и древесные культуры.

Кроме традиционных почвенных и агрохимических методов исследования диссертант применял различные фотосинтетические методы при исследовании разных частей растений на различных стадиях их вегетации, в том числе использовался цитофотометрический и генетический анализ ДНК растений. С помощью этих уникальных методов исследования удалось установить, что при внесении в почву активных форм кремния, которые легко могут поглощаться растениями, и в них улучшается жизнеспособность.

Диссертация изложена на 136 страницах, состоит из введения, обзора научной литературы, описания материалов и методов исследования, изложения результатов и их обсуждения, выводов и списка литературы, включает 39 рисунков и 30 таблиц. Список литературы насчитывает 274 источника, в том числе более половины (160) на иностранных языках.

В обзоре литературы автором рассмотрено место кремния как биогеохимического элемента в почве и системе почва-растений в условиях природной среды и при антропогенных нагрузках. Особое внимание уделяется детальному описанию биогеохимического цикла кремния в системе почва-растение, где обоснована необходимости применения кремниевых удобрения и кремний-содержащих почвенных мелиорантов. Эти доказательства основаны на вычислении баланса этого элемента и уровне потери при выносе с урожаем. В результате отчуждения биомассы с урожаем безвозвратно выносится от 30 до 700 кг/га Si в год. Концентрация в почве активных форм кремния (мономеров кремниевой кислоты) составляет от 5 до 40 мг/л Si. Их вынос приводит к нарушению биогеохимического цикла кремния, что, в свою очередь, вызывает ускорение некоторых процессов деградации почв. Для восполнения недостатка активных форм кремния в почве необходимо внесение кремниевых удобрений.

Далее приводится детальное описание истории применения кремниевых удобрений в мире с середины 18 века. Кремниевых удобрений рекомендовали применять А. Гумбольдт, Ю.Либих, Д. И. Менделеев, В.И. Вернадский. Показано, что современные тенденции развития сельского хозяйства, повышение требований к качеству сельскохозяйственной продукции, необходимость восстановления плодородия деградированных почв, поиск альтернативы химическим средствам защиты растений привели к повышению интереса к кремниевым удобрениям и мелиорантам.

В главе «Объекты и методы» перечислены использованные в работе кремниевые удобрения, традиционные удобрения, культурные растения, почвы. Даны базовые характеристики кремниевых удобрений и почв. Детально описаны методы исследования активных соединений кремния в почвах и растениях. Даны описания проведенных лабораторных, вегетационных и микрополевых экспериментов. Анализ почв, растений, удобрений проводили по стандартным методикам (Минеев и др., 2001; Соколов, 1975). Все исследования проводились согласно общепринятым методикам.

Полученные результаты представлены в 5 разделах. **В первой части** экспериментальной главы представлены данные по исследованию особенностей взаимодействия кремниевых удобрений с фосфатами. Определены основные механизмы влияния форм кремния на трансформацию труднорастворимых фосфатов в почве: повышение концентрации монокремниевой кислоты в почвенном растворе приводит к реакции замещения фосфат-аниона на силикат-анион при pH больше 2 для фосфатов кальция и при pH больше 4 для фосфатов магния. Внесение кремниевых удобрений изменяет адсорбционно-десорбционные свойства дерново-подзолистой песчаной почвы, что приводит к снижению выноса фосфора.

Показано, что обработка природных фосфоритов концентрированным раствором монокремниевой кислоты вытесняет фосфат-анион из фосфорита, обогащает почвенный раствор подвижным фосфором с одновременным снижением подвижных форм тяжелых металлов: свинца, кадмия, ртути. Эффективность модифицированного фосфорита в пересчете на наземную биомассу (38-49%) была сопоставима с эффективностью суперфосфата (44-56%) на дерново-подзолистой песчаной почве в опыте с кормовой травой

Во второй части работы автор рассматривает совместное действие кремниевых и азотных удобрений, приводящее к повышению продуктивности цветной капусты, томатов и биомассу кукурузы на 35-70% по отношению к контролю. Исследование диатомита и монокремниевой кислоты при совместном и раздельном внесении с аммиачной селитрой в опытах с томатами и рассадной культурой: белокочанной и цветной капустой показало увеличение продуктивности (для томатов 70%, для белокочанной капусты 61%, для цветной капусты 226%) при проведении пикировки по сравнению с вариантами опыта без внесения кремниевых удобрений.

Комплексное влияние кремниевых удобрений с другими типами минеральных удобрений было показано **в третьей части** полученных результатов. Внесение удобрений существенно повысило биомассу кукурузы. Кремниевые препараты были менее эффективны по сравнению с комплексным удобрением. Однако, наибольший эффект, свыше 100% по сравнению с контролем, был получен при совместном внесении кремния и комплексных минеральных удобрений.

В **четвертой части** диссертации показано влияние форм кремния на начальную стадию развития сельскохозяйственных растений: риса, цветной капусты, томатов, арбузов, сладкого перца, огурцов, сладкой кукурузы. Включение кремния в состав питательных смесей положительно влияет на растения на ранней стадии их развития. Этот эффект носит универсальный характер поскольку прослеживался на с-х культурах из разных ботанических семейств с различными физиолого-биохимическими особенностями роста и развития.

В **заключительной части** представлены результаты о влиянии кремниевых удобрений на солеустойчивость ячменя и ятрофы (*Jatropha L.).* Было показано, что в условиях солевого стресса введение в систему питания активных жидких и твердых форм кремния повышает солеустойчивость культур. Впервые в условиях вегетационного опыта на песке и серой лесной почве, а также в полевых производственных опытах на тропической железистой почве (Республика Гана, западная Африка) показано, что активная монокремниевая кислота и диатомит повышают устойчивость древесных культур к солевому стрессу.

Снижение солевой токсикации растений при использовании активных форм кремния объясняется уменьшением интенсивности транспорта натрия по проводящим путям верхней части растений за счет блокировки натрия в корнях растений. Клеточные стенки корней ячменя препятствуют поступлению натрия надземную часть растения, тогда как клеточные стенки стеблей и листьев такой способностью не обладают.

Научно-практическая значимость. Полученные диссертантом новые результаты расширяют и углубляют наши представления о механизмах воздействия на растения и почвы кремний-содержащих препаратов при их раздельном внесении и при комплексном применении с традиционными минеральными туками. Они важны для расширения практического применения кремниевых улучшителей наряду с другими минеральными удобрениями. Такое комплексное внесение различных удобрений способствует улучшению растений на геномном уровне и увеличивает их жизнестойкость и уменьшает их чувствительность к солях и другим стрессам. Предложена технология активации природных фосфатов, которая позволяет повысить пролонгированный выход доступного для растений фосфора и снизить подвижность тяжелых металлов, содержащихся в фосфатах.

Замечания по диссертации:

1. Автор указывает, что недостаток активных форм кремния в почве вызывает ускорение деградации почв: разрушение почвенной структуры, ускорение минерализации

органического вещества, уменьшение адсорбционных свойств почвы и доступности питательных элементов. Необходимо подчеркнуть, на эти деградационные почвенных процессы влияют и другие факторы.

2. Наряду с вышеизложенным Матыченков И.В. изучал влияние на растения совместного внесения кремниевых, фосфорных, азотных, а также калийных удобрений. Однако результаты этой части исследования не нашли отражения в выводах диссертации.

3. Автором проводился длительный эксперимент с инкубацией почв с внесенными в них кремниевыми удобрениями при температуре 24-26°С и влажности 15-20%. Однако затем образцы подсушивались до влажности 8-12%, и в них производилось определение различных форм кремния и фосфора. Возможно, подсушивание образцов в данном эксперименте может привести к искажению результатов.

4. В защищаемых положениях написано: «Показано, что совместное внесение азотных и кремниевых удобрений повышает усвояемость азотных удобрений и снижает их негативное влияние на качество сельскохозяйственной продукции». Эта фраза некорректа, насчет негативного влияния азотных удобрений.

5. На основании полученных результатов можно было рассчитать возможный экономических эффект от применения различных типов и доз кремниевых удобрений.

6. Несмотря на полученные данные о положительном влиянии кремниевых препаратов на рост и развитие сельскохозяйственных растений, они в основном приводились в лабораторных условиях, и необходимо их расширить до исследования на производственных полях.

Имеются орфографические ошибки и замечания редакционного характера. В частности в главе 1 написано, что «Ежегодно сельскохозяйственными растениями безвозвратно выносится от 20 до 700 кг/га Si», в пункте Актуальность работы: ошибочно дается цифра до 7000 кг/га Si .

Высказанные замечания не снижают качества представленной диссертации.

Следует отметить, что диссертация написана хорошим литературным языком и хорошо оформлена. Экспериментальные данные получены лично Матыченковым И.В. и достоверность результатов работы не вызывает сомнения, а сформулированные выводы являются обоснованными и убедительными. Автореферат полно и адекватно отражает содержание диссертации, а в публикациях автора отражены основные результаты и выводы диссертации.

В целом, по актуальности проблемы и ее решению диссертантом, новизне и объему экспериментальных исследований, теоретической и практической значимости полученных результатов работа Матыченкова И.В.: "Взаимное влияние кремниевых, фосфорных и азотных удобрений в системе почва-растение", соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 06.01.04 - "агрохимия", а её автор Матыченков И.В. заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата биологических наук.

Д.б.н., в.н.с. Приходько Валентина Евгеньевна
- 142290, Московская обл, г. Пущино, ул. Институтская 2, ИФХиБПП РАН
- +7 (4967) 31-81-99 доп 129 (р.), +7 (4967) 73-39-56 (д.). E-mail: valprikhodko@rambler.ru
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН).

06.10.2014

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук (ИФХиБПП РАН)
Подпись удостоверяю
Зав.канцелярией