

Кремний: повышаем экологичность сельского хозяйства

Кремний – важный элемент в жизни растений. Применение кремнийсодержащих агрохимикатов актуально и чрезвычайно перспективно для повышения и сохранения плодородия почвы.



Сегодня, когда резко уменьшились площади известкования, роль севооборота, объемы внесения органических и минеральных удобрений, плодородие почв деградирует, снижается содержание в них гумуса, а, следовательно, и обеспеченность растений доступными формами макро- и микроэлементов. Недостаток микроэлементов не только приводит к низким урожаям, вызывает ряд болезней у растений, а иногда и их гибель, но и снижает качество пищи человека и животных. Установлено, что заболевания людей связаны с недостаточным содержанием в продуктах железа, меди, цинка, кобальта, молибдена, йода и других элементов. Микроэлементы являются активными центрами ферментов, улучшающи-

ми обмен веществ в растительных и животных организмах. Поэтому проблема снабжения растений микроэлементами имеет общебиологическое значение.

В практике картофелеводства нередко случаи низкой окупаемости вносимых удобрений. Одна из причин этого – недостаток микроэлементов в питании растений. Наиболее эффективны микроэлементы при достаточной обеспеченности растений основными элементами минерального питания – азотом, фосфором и калием. С подъемом урожайности и повышением выноса питательных веществ растениями из почвы возрастает роль микроэлементов в системе питания картофеля.

Улучшению питания растений микроэлементами препятствует с одной стороны дефицит подвижных форм микроэлементов в некоторых почвах нашей страны, с другой – снижение биологической активности микроэлементов из-за долгого использования известковых материалов и повышенных доз концентрированных «безбалластных» минеральных удобрений. Все больше данных

указывают на антагонизм между отдельными макро- и микроэлементами: внесение высоких норм фосфорных удобрений снижает доступность растениям цинка; калийных и кальциевых – бора; азотных – меди и молибдена. Фонд доступных для растений соединений микроэлементов при этом сокращается, и они становятся дефицитными даже на хорошо обеспеченных почвах.

За последние 30-40 лет практически во всех развитых странах растет производство микроудобрений и расширяется их ассортимент. В нашей стране за последние 20 лет также начали работать новые заводы, производящие микроудобрения: «Соправиа», «Агро Эксперт Групп», «Элитные агро-системы», «Ваше хозяйство» и др.

Вместе с тем при дефиците в почве нескольких микроэлементов и при наличии в минеральных удобрениях только одного из них сбалансировать дозы макро- и микроудобрений – очень трудная задача.

Значение кремния

Несмотря на высокое общее содержание кремния в почвах и основных почвообразующих породах, даже на песках (93,55% SiO_2), биогенного кремния может быть всего 0,01-3,0% вследствие невысокой растворимости аморфного кремния в почвенном растворе (0,1% или 100 мг/л). Пути превращения аморфного кремния в растворимую монокремниевую кислоту изучены мало. Можно лишь предположить, что в этом процессе играет большую роль микрофлора почвы, особенно силикатные бактерии.

Поэтому, чтобы восполнить запас подвижного кремния в почвах, надо рационально использовать кремнийсодержащие удобрения. Известно, что внесение растворимой формы кремния (отхода марганцевой руды – 49% SiO_2) привело к увеличению урожайности с.-х. культур в севообороте в среднем за 6 лет на 11-18%, благодаря возрастанию доступности P_2O_5 .

Установлено, что известкование супесчаной дерново-подзолистой почвы силикатными, известково-содержащими отходами промышленности (торфяная зола и металлургический шлак) в сочетании с применением сбалансированных доз минеральных удобрений ($\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$) способствовало формированию мощного фотосинтетического потенциала посадок картофеля, высокой урожайности с хорошим качеством и сохранностью продукции, повышалось плодородие почвы и продуктивность всего звена картофельного севооборота. Аналогичная закономерность выявлена в опытах с картофелем и ячменем, где прибавки урожая составили 15-19%.

Поэтому для нашей страны актуален выпуск широкого ассортимента кремнийсодержащих удобрений, разработка регламентов их применения для получения экологически безопасного картофеля с высоким содержанием питательных компонентов.

Кремний в природе

Кремний очень важен для жизни растений и животных, особенно низкоорганизованных. Он участвует в жизненном цикле ряда бактерий, например, силикатных и живущих в горячих источниках. Есть бактерии, синтезирующие в своем организме органические соединения кремния. Они интересны также своей способностью замещать фосфор на кремний, что дает основания думать о возможности «бесфосфорной» жизни, иначе говоря, о существовании кремниевых аналогов нуклеотидов – составной части нуклеиновых кислот и полинуклеотидов. Много «живого» кремния содержится в организмах простейших, некоторых водорослей, хвощей, лишайников, злаков, в хвое и листьях ряда деревьев.

Кремний входит в состав растений и при некоторых условиях влияет на урожай. Содержание кремния в золе растений колеблется в очень широких пределах: от 0,5–2,5% в водорослях и грибах, и почти до 30% в хвощах. Довольно много кремния в золе злаков – до 18–20%. Во многих организмах (особенно морских) соединения кремния выпол-

няют скелетные функции. Кремний нужен организмам и как микроэлемент. На очень бедных доступными фосфатами почвах кремний повышает урожай некоторых культур.

В растениях кремний присутствует также в виде органических соединений, например, кремниевых эфиров целлюлозы, крахмала, галактозы и др. В растениях и животных найдены даже особые ферменты – силиказы, способствующие превращению неорганических соединений кремния в органические.

В число кремнийорганических лекарственных препаратов помимо соединений кремния, не имеющих органических аналогов, начинают входить и вещества, идентичные по строению известным органическим биологически активным соединениям. Эти препараты открывают совершенно новые, зачастую технологически более простые и доступные пути создания лекарственных средств и пестицидов. В настоящее время появились блестящие перспективы внедрения некоторых кремнийорганических соединений в качестве биостимуляторов в растениеводство и животноводство.

Кремний в сельском хозяйстве

Кремний существенно увеличивает жизнеспособность и урожайность «кремнеконцентрирующих» растений. У них повышена устойчивость к грибковым заболеваниям, вредителям, засухе, заморозкам и радиации.

Кремнийсодержащие препараты можно использовать для повышения количества и качества с.-х. продукции. Такие препараты испытывали в России и США. Было установлено, что кремнийсодержащие препараты усиливают устойчивость растений к болезням и атакам насекомых-вредителей, повышают морозоустойчивость, засухоустойчивость и чувствительность к неорганическим и органическим токсикантам.

Кремниевые препараты способны понизить негативное воздействие отходов животноводства на окружающую среду. Вынос фосфора из навоза снижался на 30-80%, и при этом фосфор оставался доступным для растений. Вынос азота снижался на 20-50%. Наибольшие экономический и экологический эффекты были достигнуты при применении специальных технологий по комплексному использованию кремнийсодержащих препаратов совместно с традиционными минеральными и органическими удобрениями, а также препаратами для защиты растений.

Растения, которым в почве хватает кремния, более экономно расходуют влагу. Кроме того, силикаты в растительных тканях трансформируются, выделяя воду. Биологи считают, что в засушливых районах это свойство можно использовать в сельском хозяйстве. Заодно кремниевые добавки способны улучшить и фосфорное питание полевых культур.

Обычно кремнезем в почве находится в виде полимеров, которые растения усваивать не способны, так что кремниевые удобрения, на взгляд исследователей, – вещь необходимая. Испытания в различных климатических зонах нашей страны показали высокую эффективность препаратов и перспективность широкого использования их в различных областях сельского хозяйства. Кремниевые соединения, например, в два раза увеличивает ко-

личество томатов и сокращает сроки их вызревания. Они значительно повышают устойчивость к заморозкам и виноградной лозы. Некоторые соединения кремния весьма благотворно влияют на развитие и жизнедеятельность полезных микроорганизмов: например, на 30% ускоряют рост кормовых дрожжей. Препараты прошли многолетнюю специальную проверку в отношении их безвредности для животных и людей. Они не токсичны, не дают урода в потомстве, не обладают канцерогенными свойствами. Кроме того, эти препараты проявляют особенно высокую активность тогда, когда животные или растения находятся в «некомфортных условиях» существования. Это низкие или высокие температуры, резкие перепады давления, обедненные минеральными веществами почвы, недостаток кормов или их неполноценность, неблагоприятные условия содержания животных.

Многолетние испытания кремнийорганических биостимуляторов показали, что их практическое применение стало уже закономерной необходимостью, и дело лишь за завершением широких производственных и клинических испытаний и организацией многотоннажного промышленного производства.

Все вышеприведенные данные заложили основу новой отрасли химии кремния – биокремнийорганической. В задачи этой области науки, объединяющей теоретическую и прикладную химию, биохимию, агрохимию, токсикологию, фармакологию биологически активных кремнийорганических соединений, входит детальное изучение роли кремния в биосфере. Исследуется значение его в нормальных, патологических и геронтологических процессах жизнедеятельности, анализируются соединения этого элемента, обладающие высокой биологической активностью, выявляются механизмы их физиологического действия с целью определения возможностей использования кремния в медицине, ветеринарии, растениеводстве, животноводстве.

Химические соединения кремния и их влияние на почву

Если все четыре валентности атома кремния расходятся на образование кислородных мостиков, то образуется кремнекислородный тетраэдр, являющийся основой для построения силикатных и алюмосиликатных минералов.

Соединения кремния в почвах в основном унаследованы из почвообразующих пород, хотя они и трансформируются в ходе почвообразования. Источниками органических соединений углерода в почвах служат растительные и животные остатки. Таким образом, в почвах соединения кремния и углерода отражают влияние двух факторов почвообразования: почвообразующей породы и живых организмов соответственно.

Силоксаны химически инертны и чрезвычайно разнообразны.

Интересно, что для этих двух элементов (Si – кремний и C – углерод) характерен наибольший диапазон колебаний их содержания в почвах. Органические соединения углерода могут составлять до 95–99% всей массы почвы в горизонтах подстилки, торфянистых и других органогенных горизонтах. В подзолистых почвах, особенно в горизонте С (почвообразующая порода), во мно-

гих песчаных почвах содержание органического углерода не превышает десятых и даже сотых долей процента. Иными словами, органические соединения углерода (как и вообще соединения углерода) могут в почвах практически отсутствовать или составлять почти целиком массу твердых фаз почвы. Аналогичный диапазон колебаний характерен для соединений кремния. В некоторых песчаных почвах и горизонтах содержание SiO_2 приближается к 100%, тогда как в органогенных горизонтах оно может не превышать долей процента.

Взаимодействие соединений кремния и органических веществ, приводящее к образованию минералорганических соединений или глинисто-гумусовых комплексов, – одна из наиболее важных особенностей почвообразования. Таким образом, по характеру соединений, поведению и функциям в почве эти два элемента, несмотря на их специфику, имеют много общего.

Общее значение и роль соединений кремния в почвах определяются следующими основными положениями:

- соединения кремния в большинстве почв и горизонтов создают их материальную основу, костяк почвенной массы;
- количественное распределение кремния по почвенному профилю – один из важнейших показателей типа протекающих процессов, а по отношению SiO_2 : R_2O_3 или SiO_2 : Al_2O_3 существуют различные типы кор выветривания;
- с соединениями кремния непосредственно связаны многие важнейшие свойства почв. От содержания и состава алюмосиликатов – глинистых минералов – зависят связность и липкость почв, их набухаемость, емкость катионного обмена и др. В глинистых и тяжелосуглинистых почвах даже инертный кварц может играть положительную роль, улучшая водно-воздушный режим почвы. Поэтому для многих тяжелых по механическому составу почв рекомендуется пескование, как мелиоративный прием.

Диоксид кремния в почвах представлен различными соединениями, сильно варьирующими по кристаллизованности и гидратированности, а следовательно, и по растворимости. Наиболее устойчив кварц, содержание которого во фракциях песка и крупной пыли многих почв может достигать 40–90 %.

Растворимость кремнезема в почвенных растворах зависит от многих факторов: степени окристаллизованности SiO_2 , величины pH, режима влажности и др. По некоторым данным, растворимость кварца в воде составляет около 2×10^{-4} моль/кг, нарастая при увеличении pH. Растворимость аморфного кремнезема примерно в 10 раз выше, но она очень сильно зависит от степени гидратации, и в гидратированной форме кремниевая кислота образует довольно устойчивые водные коллоидные растворы.

Применение кремнийсодержащих агрохимикатов для снижения пестицидной нагрузки на растения

Потенциальные потери урожая от вредных организмов составляют не менее 30%. Это определяет необходимость защитных мероприятий. Традиционно сложилось, что в производстве в основном используют агротехнические и химические

методы защиты. Если первые никаких возражений не вызывают, то о химическом методе этого сказать нельзя. Имеются сторонники как интенсивного использования пестицидов, так и полного отказа их применения. Действительно химическая защита на 90-95% обеспечивает подавление вредителей, возбудителей болезней и сорняков, но их применение неизбежно ведет к загрязнению объектов окружающей среды, куда поступает до 99% используемых пестицидов, что в определенной степени может негативно отразиться на состоянии здоровья населения.

В связи с этим наиболее актуальной проблемой остается снижение риска применения пестицидов. Один из путей ее решения – уменьшение норм расхода препаратов за счет использования в баковых смесях веществ, повышающих устойчивость культур к вредным организмам и стрессам.

Именно к таким соединениям относятся кремнийсодержащие препараты, в частности, минеральное удобрение – метасиликат калия и регуляторы роста – Циркон и Эпин экстра. Введение их в рабочий раствор пестицида позволяет сократить норму расхода инсектицидов и гербицидов на 30%, а фунгицидов – на 30–50% без уменьшения их биологической эффективности.

Снижение пестицидной нагрузки, как правило, сопровождается дальнейшим повышением урожайности культур по сравнению с использованием рекомендованных норм расхода препаратов.

В посадках картофеля хорошие результаты получены от применения кремния в баковых смесях с половинными нормами расхода инсектицидов (производных ФОС и пиретроидов), фунгицидов (производных дитиокарбаматов, фениламинов, группы меди). В отдельные годы уменьшение пестицидной нагрузки достигалось не только за счет сокращения нормы расхода препарата, но и кратности их применения. При этом урожайность картофеля была на 5-9% выше, чем при использовании рекомендованных норм. Пораженность клубней нового урожая возбудителями парши, гнилей, фитофтороза была на уровне эталона или ниже, а лежкость клубней была выше. Обработка семенных клубней перед закладкой на хранение кремнием особенно его смесью с небольшим количеством Ридомила тормозила прорастание глазков и потерю тургора до момента их посадки.

Таким образом, применение кремнийсодержащих агрохимикатов, как высокоэффективных энерго- и ресурсосберегающих факторов, актуально и чрезвычайно перспективно. При этом очень важно природоохранное значение применения этих экологически безопасных препаратов, так как повышается урожайность с.-х. культур, а выращенная продукция обогащается кальцием, магнием, фосфором, кремнием и комплексом микроэлементов, что имеет общебиологическую значимость в питании людей и животных. Поэтому все актуальнее становится разработка широкого ассортимента кремнийсодержащих удобрений и регламентов их применения в процессе производства экологически безопасных овощей и картофеля с высоким содержанием питательных компонентов.

Гордеев Р.В., менеджер по продвижению профессиональных семян компании «ПОИСК»

Турсунбой Абдуллоевич Ахмедов



Исполнилось 75 лет известному ученому, селекционеру, доктору с.-х. наук, академику Таджикской академии с.-х. наук Турсунбою Абдуллоевичу Ахмедову.

Трудовой путь юбиляр начал в Таджикском НИИ земледелия, где вел исследования и одновременно учился в заочной аспирантуре. В 1981 году руководство ТаджССР, учитывая его профессиональные знания и организаторские способности, переводит Т.А. Ахмедова во вновь организованное Министерство плодовоовощного хозяйства ТаджССР, где позже он возглавил Главное управление по производству овощных, бахчевых культур и картофеля. В 1986 году он переходит в Таджикский НИИ садоводства, виноградарства и овощеводства. В 1993 году юбиляр возглавил НПО «Богпарвар» по садоводству, виноградарству и овощеводству ТАСХН. Он сумел сохранить научный потенциал республики в самые трудные годы после распада СССР, и уже в двухтысячные годы работа НПО «Богпарвар» способствовала стремительному развитию и росту объемов производства в овощеводстве, плодоводстве, виноградарстве и цитрусоводстве Таджикистана. Т.А. Ахмедов опубликовал около 300 научных работ, издал 6 книг, около 20 методических рекомендаций, имеет 6 совместных патентов на сорта.

Ныне академик Т.А. Ахмедов – профессор кафедры плодовоовощеводства и виноградарства Таджикского аграрного университета и одновременно руководит разработкой инновационных технологий выращивания овощных культур в условиях современных теплиц. За заслуги перед страной юбиляр награжден орденом «Шараф» («Слава») Республики Таджикистан.

Ученые-овощеводы России и Таджикистана, коллектив ВНИИО–филиала ФГБНУ ФНЦО, редакция журнала «Картофель и овощи», многочисленные ученики и коллеги сердечно поздравляют Турсунбая Абдуллоевича, желают крепкого здоровья, благополучия и энергии для плодотворной деятельности на долгие годы!