

**Key words:** soils, micronutrients, microfertilizers

*The research is about the analysis of micronutrients content in soils of the Ulyanovsk region. It is determined that 98.6 % of arable soils are characterized by low zinc content, 17,6 % low and 67,7 % medium manganese content, 20,2 % medium and 78,4 % high copper content. It is presented that the treatment with zinc-fertilizer "Micromac" increases the yield of sunflower up on 0.55 t/ha or 29 %.*

УДК 631.81

## **ДИАТОМИТ В СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**А.Х. Куликова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»  
тел. 8(8422)55-95-68, [agroec@yandex.ru](mailto:agroec@yandex.ru)**

**Ключевые слова:** *Высококремнистые породы, диатомит, сельскохозяйственные культуры*

*Приведены анализ и обобщение результатов исследований по изучению эффективности высококремниевых пород (прежде всего диатомита) в системе удобрения сельскохозяйственных культур.*

В последние годы в связи как с дороговизной минеральных удобрений и возможными их негативными последствиями в окружающей среде, так и проблемой получения экологически безопасной продукции становится все более актуальным вовлечение в сферу сельскохозяйственного производства нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов в качестве удобрения сельскохозяйственных культур.

Особый интерес в этом отношении представляют наноструктурированные высококремнистые породы, прежде всего опалкристобалиты (диатомиты, опоки, трепелы), представленные преимущественно аморфным (активным) кремнеземом. Ресурсы опалкристобалитовых пород в стране огромны, в том числе в Ульяновской области выявлено более 70-и месторождений диатомитов, запасы которых оцениваются более 80 млн.м<sup>3</sup>.

Высококремнистые породы обладают рядом свойств, важных с агрономической точки зрения. Во-первых, вышеназванные породы - это природные сорбенты со специфическим характером пористости, обладающие высокой адсорбционной и ионообменной емкостью (0,8–0,12 г·экв/кг), в связи с чем способные удерживать в пахотном слое при их внесении в почву влагу, элементы питания от выноса их за пределы корнеобитаемого слоя, которые затем постепенно высвобождаются и используются растениями. Во-вторых, диатомиты (как и другие высококремнистые породы), содержат в своем составе до 1,5–2,0 % калия и серы, ряд микроэлементов.

Но, прежде всего, это кремниевое удобрение: в составе диатомита содержится до 85 % оксида кремния и около половины ее – в аморфной форме.

Кремний – элемент, второй после кислорода по распространению на нашей планете. В почве содержание кремния колеблется от 20 до 40 %. В силу того, что его просто много в почве и устоявшегося мнения, что он не играет важной роли в физиологии растений (в отличие от NPK и микроэлементов) и является только балластным элементом, кремниевые удобрения в нашей стране не производились, не производятся и практически не применяются.

Однако исследования, проведенные в последнее время, кардинально изменили представление об этом элементе.

Во-первых, кремний является составной частью всех растений и содержится в них в среднем от 0,02 до 0,15 %. Особо высоким содержанием кремнезема (более 50 % в золе) отличаются хвощи, папоротники, злаки. Интенсивно ассимилирующие кремний из почвы растения принято называть «кремнефилами», среди них пшеница, овес, ячмень, просо, рис и др. Например, в золе зерна ячменя содержится более 40 % оксида кремния, в соломе – 91 %; шелухе риса – 93 %. Следовательно, кремний необходим растениям.

Во-вторых, растения поглощают кремний активно и имеют механизм для быстрого перераспределения его по организму. Кроме того, были выявлены активные формы кремния, которые способны контролировать многие биохимические реакции в

растениях. А, самое главное, было установлено, что кремний играет защитную роль при любых стрессовых ситуациях как биогенных (насекомые-вредители, грибковые заболевания), так и абиотических (воздействие низких температур, химическое загрязнение и т.д.). Такая универсальность заключается в способности активных кремниевых соединений способствовать быстрому и направленному синтезу специфических органических молекул внутри растительной клетки, которые помогают растению преодолеть, или адаптироваться к стрессу. Таким образом, основная роль кремния в растениях – поддержание иммунной системы растения [1].

В-третьих, нельзя не отметить еще одну важную роль кремния в питании растений: по результатам многочисленных исследований кремниевые соединения способствуют переходу недоступных растениям почвенных фосфатов в доступные формы, а также препятствуют трансформации фосфорных удобрений в недоступные. Доказано, что на 40–50 % потребности растений в фосфоре можно удовлетворить за счет внесения в почву кремниевых соединений [2]. Кроме того, при внесении в почву кремниевых соединений возможно улучшение азотного питания растений через стимулирующее влияние их на развитие почвенной микрофлоры.

Как было уже отмечено, кремний один из самых распространенных элементов в земной коре и является основным компонентом почвы. Зачем же тогда нужны кремниевые удобрения? Дело в том, что основная часть соединений кремния играет роль минерального каркаса и инертна по отношению к процессам питания растений, которые могут усваивать только подвижные низкомолекулярные или монокремниевые кислоты. Содержание последних в почве крайне низко, а в связи с постоянным безвозвратным отчуждением (в мире ежегодно 200–250 млн. тонн) дефицит его возрастает и кремний становится лимитирующим фактором урожайности культурных растений.

В силу вышеуказанных особенностей природных сорбентов возможно их использование в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур не только в качестве многофункционального удобрения, но и открываются большие пер-

спективы для создания новых видов удобрительных смесей, обладающих наиболее рациональным режимом взаимодействия с растениями. И, не случайно, за рубежом нетрадиционные минеральные ресурсы широко используются в сельскохозяйственном производстве. Например, еще в 80-е годы прошлого столетия в США для нужд сельского хозяйства ежегодно использовалось более 800 тысяч тонн цеолитов, около 400 тысяч тонн диатомитов, 800 тысяч тонн бентонитов и т.д. [3]. Наша страна имеет огромные запасы природных сорбентов, однако использование их в сельскохозяйственном производстве ничтожно.

Следует отметить, что кремниевые удобрения известны в мире с середины 19-го века. Современные тенденции развития сельского хозяйства, повышение требований к качеству сельскохозяйственной продукции, необходимость восстановления почвенного плодородия деградированных почв, поиск альтернативных путей защиты растений (в противовес химическим) привели к повышению интереса к этому типу удобрений и почвенных мелиорантов. Начиная с 2000 года, производство кремниевых удобрений ежегодно повышается на 20–30 %. Многие страны, до того не применявшие кремниевые удобрения, сегодня успешно внедряют их (Южная Корея, Китай, Индия, Колумбия, Мексика, США, Австралия, Бразилия). В Японии кремниевые удобрения с 1955 года официально внесены в реестр агрохимикатов. В нашей стране, как было сказано выше, кремниевые удобрения практически не имеют применения (хотя этот вопрос был поставлен в 70-е годы прошлого века).

Изучение возможности использования высококремнистых пород в качестве удобрения сельскохозяйственных культур нами проводится с 2000 года.

Результаты полевых опытов показали высокую эффективность диатомита Инзенского месторождения при возделывании зерновых (озимая, яровая пшеницы, ячмень), пропашных (кукуруза, картофель, подсолнечник, сахарная и столовая свекла) и овощных (морковь, томаты, огурцы) культур при использовании как в чистом виде, так и в смеси с птичьим пометом и минеральными (азотными) удобрениями, а также для предпосевной обработки семян. Например, прибавка урожайности озимой пшеницы в зави-

симости от дозы внесения диатомита в отдельные годы может достигать 0,6–1,3 т/га (15–33 %), в среднем 0,3–0,8 т/га (9–25 %), яровой пшеницы соответственно – 0,5–0,27 т/га. При этом улучшалось качество продукции: содержание клейковины в зерне озимой и яровой пшеницы повышалось на 2 % и более. Аналогичные результаты получены при возделывании ячменя: прибавка урожайности в среднем составляла от 0,5 до 0,93 т/га (30–52 %). Из высококремнистых пород диатомит более эффективен, чем опока. Применение диатомита совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 для предпосевной обработки семян на фоне N40P40K40 способствовало формированию урожайности ячменя, на 33 % превышающей контрольный вариант: прибавка ее составила 0,81 т/га.

Пропашные и овощные культуры также являются высокоотзывчивыми на использование диатомита как кремниевого удобрения. Урожайность сахарной свеклы увеличивалась в зависимости от доз внесения диатомита в среднем на 6,5–9 т/га (22–31 %), в отдельные годы от 8,5 до 10,2 т/га (35–55 %). По эффективности при возделывании сахарной свеклы диатомит в дозах 3–5 т/га не уступал полным дозам минеральных удобрений (N60P60K60). Для получения высокой урожайности корнеплодов (на 10 % и более превосходящей минеральные удобрения) достаточно совместное применение диатомита в дозе 3 т/га и мочевины в дозе 30 кг д.в./га. С точки зрения повышения экономической эффективности целесообразно применять диатомит под предпосевную культивацию в дозе 40 кг/га, или для предпосевного опудривания семян (30 кг/т семян), в том числе совместно с биологическими препаратами (Ризоагрин, Байкал ЭМ-1 и др.), что позволяет повысить урожайность культуры до 7,7 т/га (26 %) при внесении в рядки и от 5,1 до 7,2 т/га (15–22 %) при использовании совместно с биопрепаратами. Последнее сравнимо с применением полных доз минеральных удобрений.

Урожайность клубней картофеля при внесении в почву диатомита в дозе 2,5 т/га увеличивалась на 39 %, в отдельные годы до 50 %; при использовании для опудривания посадочного материала (доза 300 кг/га) прибавка урожайности клубней картофеля составляла 7,8 т/га, или 42 %. Применение диатомита в дозе 3 т/га способствовало повышению урожайности зелёной

массы кукурузы на 9,6 т/га (19 %); семян подсолнечника – на 0,18 т/га (24 %).

Высококремнистые породы, являясь природными сорбентами с высокими сорбционными и ионообменными свойствами, оказывают пролонгированное действие на последующие культуры. На третий год после внесения диатомита в дозе 5 т/га под озимую пшеницу урожайность ячменя повышалась на 40 %, на четвертый – на 10 %; на второй и третий годы в учхозе УГСХА урожайность гороха – на 22 %, озимой пшеницы – на 10 %. При этом улучшалось качество продукции.

Диатомит сочетает в себе уникальные свойства, в том числе, высокую наноструктурированную пористость, что позволяет получать экологически безопасную продукцию. Внесение в почву диатомита в чистом виде способствовало снижению накопления нитратов в продукции: в огурцах на 9 %, помидорах на 12 %, моркови на 15 %, столовой свекле на 17 %. Аналогичная закономерность наблюдалась по отношению поступления тяжелых металлов: содержание свинца в плодах помидоров снижалось с 0,59 мг/кг в натуральном веществе до 0,09 мг/кг, кадмия – в 1,5 раза, никеля – на 15 %; в столовой свекле свинца – на 22 %, кадмия – на 25 %, никеля – на 26 %, хрома трехвалентного – на 24 %. Применение диатомита способствовало получению экологически более безопасной продукции всех экспериментальных культур: как зерновых, так и пропашных.

Таким образом, высокая эффективность диатомита в качестве многофункционального удобрения сельскохозяйственных культур несомненна. Однако необходимо отметить, что предлагаемые производству дозы диатомита достаточно высокие (3–5 тонн на 1 гектар) и сопряжены с большими затратами на транспортировку и внесение и, несмотря на высокую агрономическую эффективность, не всегда оправдываются экономически при однократном внесении. Длительное последствие окупает затраты на его применение. Однако финансовое положение многих сельхозтоваропроизводителей не позволяет в широком масштабе использовать высококремнистые породы в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

В наших исследованиях убедительно доказана эффектив-

ность диатомита при использовании в значительно меньших дозах (40–300 кг/га) и для предпосевной обработки семян зерновых и пропашных культур. Например, внесение его в рядки при посеве сахарной свеклы в дозе 40 кг/га позволило повысить урожайность корнеплодов на 7,7 т/га, или на 26 %. При этом выход сахара с 1 гектара по отношению к контролю повысился на 42 %, тогда как на варианте с внесением полных доз минеральных удобрений – на 40 %. Таким образом, уступая по урожайности корнеплодов, использование диатомита в небольших дозах эффективнее по выходу сахара, так как при этом значительно повышалась сахаристость корнеплодов. Аналогичные данные получены при использовании диатомита для предпосевной обработки семян сахарной свеклы: повышение урожайности корнеплодов составило 6,1 т/га (18 %) при опудривании в чистом виде и 7,2 т/га – совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 (22 %).

Применение высококремнистых пород в качестве удобрения хорошо вписывается в соответствующие технологии возделывания сельскохозяйственных культур и они могут использоваться разными способами и в разные сроки: от предпосевной (предпосадочной) обработки посевного (посадочного) материала и внесения в небольших дозах в рядки до внесения достаточно больших доз (3–5 т/га) с учетом их длительного последствия (до 4–5 лет). В связи с высокой агрономической эффективностью высококремнистых пород в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в качестве многофункционального удобрения открываются большие возможности для создания новых видов удобрительных смесей, обладающих наиболее рациональным режимом взаимодействия с растениями.

#### **Библиографический список:**

1. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение. Автореф. дисс. ... д.-ра биол. наук. Пушино, 2008. 34 с.
2. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Аммосова Я.М. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву // *Агрохимия*, 2002. № 2. С. 86–93.
3. Дистанов У.Г. Перспективы нетрадиционного мине-

рального сырья // Химизация с/х, 1989. № 12. С. 37–41.

## **DIATOMITE IN THE CROP FERTILIZER SYSTEM**

Kulikova A.Kh.

**Keywords:** *high silica rocks, diatomite, crops.*

*In this paper the findings of investigation about the efficiency of high silica rocks (first of all diatomite) in the crop fertilizer system are presented.*

УДК631.411.2 + 631.8

### **ВЛИЯНИЕ ДИАТОМИТА, КРЕМНИЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО**

**А.Х. Куликова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»**

**Тел. 8(8422)55-95-68, [agroec@yandex.ru](mailto:agroec@yandex.ru)**

**Е.А Яшин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»**

**Тел. 8(8422)55-95-68, [agroec@yandex.ru](mailto:agroec@yandex.ru)**

**А.В. Кудряшов, аспирант**

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

**Тел. 8(8422)55-95-68, [AlexPracht@yandex.ru](mailto:AlexPracht@yandex.ru)**

**Ключевые слова:** *чернозем, диатомит, кремниевые комплексы, минеральные удобрения, сахарная свекла*

*Работа посвящена изучению влияния диатомита, кремниевых комплексов на его основе и минеральных удобрений на свойства чернозема выщелоченного. Установлено, что урожайность сахарной свеклы находится в прямой зависимости от микробиологической активности почвы*

**Введение.** Всесторонняя оценка сельскохозяйственной деятельности человека свидетельствует о том, что она превратилась в мощный экологический фактор, влияющий на характер почвообразовательного процесса. По самым скромным оценкам,