

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИАТОМИТА, КРЕМНИЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ЕГО ОСНОВЕ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

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

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

Кудряшов Алексей Владимирович, аспирант кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

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

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1

Тел.: 8 (8422) 55-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru

Ключевые слова: сахарная свёкла, диатомит, кремниевые комплексы, урожайность и качество продукции.

Установлено, что рядковое внесение диатомита в дозе 40 кг/га в почву позволяет экологически безопасно и экономически эффективно повысить урожайность корнеплодов сахарной свёклы на черноземах выщелоченных на более чем на 6 т/га, сбор сахара на 2 т/га. Результаты исследований являются основанием для использования диатомита в технологии возделывания сахарной свёклы в Среднем Поволжье.

Введение. В настоящее время в связи со сложным материально-техническим и финансовым положением большинства свеклосеющих хозяйств и недостаточной государственной поддержкой российский рынок сахара находится в зависимости от зарубежных производителей. Доля сахара, выработанного из импортного сырья, достигает 89,5% [1]. Такая ситуация не только наносит огромный ущерб экономике страны, но и ставит под угрозу ее продовольственную безопасность, особенно в условиях вступления в ВТО.

С целью снижения издержек при возделывании сахарной свеклы необходим поиск недорогих местных сырьевых ресурсов, которые можно было бы использовать в системе удобрения. К числу последних относятся высококремнистые породы, в частности диатомит. Обладая высоким содержанием биологически активного кремния, диатомит может явиться эффективным и рентабельным средством интенсификации производства, вполне доступным для большинства производителей сельскохозяйственной продукции. Применение технологий, включающих использование диа-

томита в земледелии, позволит не только существенно сократить расход средств химизации при сохранении высокой продуктивности сельскохозяйственных культур, но и значительно повысить уровень экологической безопасности продукции.

В связи с этим изучение механизмов влияния диатомита и разработанных на его основе кремниевых комплексов на плодородие почвы и растения имеет большое значение как в теоретическом, так и в практическом плане. Целью исследований являлось изучение влияния диатомита, кремниевых комплексов на его основе и минеральных удобрений на свойства чернозема выщелоченного, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы в условиях Среднего Поволжья.

Условия и методы исследования. Исследования проводились в 2007 – 2009 гг. путем полевых опытов на опытном поле Ульяновской ГСХА им. П.А. Столыпина и лабораторных анализов почвенных и растительных образцов.

Объектами исследований являлись: диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области и кремниевые комплексы

Таблица 1

Влияние диатомита, кремниевых комплексов и минеральных удобрений на урожайность сахарной свеклы, т/га, 2007 – 2009 гг.

Вариант	Годы исследований			Средняя
	2007 г	2008 г	2009 г	
1. Контроль	36,8	22,2	23,8	27,6
2. Диатомит	46,9	26,1	28,8	34,0
3. Комплекс К1	51,0	26,4	29,9	35,8
4. Комплекс К2	52,5	27,4	28,2	36,0
5. N60P60K60	50,3	30,1	32,4	37,6
6. N60P60K60 + диатомит	53,6	33,9	34,8	40,8
7. N60P60K60 + К1	49,3	32,2	33,6	38,4
8. N60P60K60 + К2	52,5	34,0	35,4	40,6
9. N30P30K30 + диатомит	48,6	29,2	28,1	35,3
10. N15P15K15 + диатомит	47,4	28,6	27,7	34,6
11. N60P60K60 + СЗР	54,2	30,7	32,9	39,3
12. N30P30K30 + СЗР	47,8	28,4	27,3	34,5
НСР05	3,1	1,7	2,1	-

на его основе, чернозем выщелоченный, минеральные удобрения и сахарная свекла.

Химический состав диатомита приведен в наших предыдущих публикациях [2,3]. Кремниевые комплексы разработаны в Институте фундаментальных проблем биологии РАН (г. Пущино) в 2006 году. Основу комплексов составляет диатомит, в первом случае обработанный неорганическими кислотами (комплекс К1), во втором – обогащенный солями кремниевой кислоты (комплекс К2).

В качестве минеральных удобрений применялись мочевины (46% д.в.), двойной суперфосфат (46%) и хлористый калий (60%). На вариантах опыта с применением средств защиты растений были использованы: для борьбы с вредителями инсектицид широкого спектра действия «Шарпей», для борьбы с грибными болезнями препарат «Фундазол».

Схема опыта: 1) контроль, 2) диатомит, 3) кремниевый комплекс К1, 4) кремниевый комплекс К2, 5) N60P60K60, 6) N60P60K60 + диатомит, 7) N60P60K60 + К1, 8) N60P60K60 + К2, 9) N30P30K30 + диатомит, 10) N15P15K15 + диатомит, 11) N60P60K60 + СЗР, 12) N30P30K30 + СЗР. Внесение кремнийсодер-

жащих материалов проводилось в рядки при посеве сахарной свеклы из расчета 40 кг/га. Предшествующей культурой была викоовсяная смесь. Опыт состоял из четырех повторений, размещение делянок рендомизированное. Учет фактического урожая корнеплодов сахарной свеклы проводили с площади всей делянки. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный средне-мощный среднесуглинистый с агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,5%, подвижных соединений фосфора и калия (по Чирикову) – 168 и 98 мг/кг почвы соответственно, pH_{KCl} – 5,8.

Организация полевых опытов, проведение наблюдений, лабораторных анализов проводились по общепринятым методикам и соответствующим ГОСТам. Все анализы проведены в аккредитованной агрохимической лаборатории ФГУ САС «Ульяновская» (№ РОСС RU.0001.510251) и ИЛ «Ульяновская ГСХА» (№ РОСС RU.0001.515748).

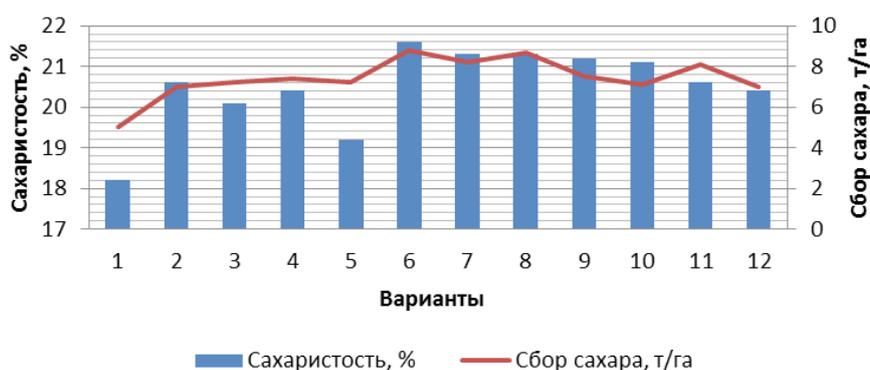
Результаты и их обсуждение. Установлено, что применение кремнийсодержащих материалов как отдельно, так и на фоне минеральных удобрений положительно сказалось на урожайности корнеплодов сахарной свеклы (табл. 1). За три года исследований

в среднем на вариантах с применением диатомита и кремниевых комплексов в чистом виде она составила от 34 до 36 т/га, что выше контроля на 6,4 – 8,4 т/га. На варианте с использованием полного минерального удобрения урожайность хотя и была выше (37,6 т/га), однако ненамного (на 1,6 – 3,6 т/га) по сравнению с применением кремнийсодержащих материалов в чистом виде. Наибольшей продуктивностью отличались посевы сахарной свеклы на вариантах с применением диатомита и кремниевых комплексов на фоне полной дозы NPK, которая варьировала в среднем от 38,4 до 40,8 т/га.

Анализ корреляционной зависимости между урожайностью и агрохимическими показателями плодородия почвы показал среднюю ее зависимость от последних. Уравнение линейной регрессии имеет вид:

$Y = -5,43 + 0,26 X_1 + 0,14 X_2 + 0,48 X_3$, где, Y – урожайность сахарной свеклы, т/га; X_1 – содержание P_2O_5 , мг/кг; X_2 – содержание K_2O мг/кг; X_3 – содержание NO_3 мг/кг в пахотном слое. $R^2 = 0,68$. При применении диатомита и кремниевых комплексов растения сахарной свёклы были обеспечены элементами питания на более высоком уровне в течение всего срока вегетации, что стало основой повышения урожайности и качества корнеплодов культуры.

Следует особо отметить, что при внесении диатомита как отдельно, так и совместно с различными дозами минеральных удобрений урожайность культуры не уступала вариантам с применением средств защиты растений на фоне различных доз NPK. Так, например, продуктивность варианта с внесением диатомита на фоне **N15P15K15** практически соответствует урожайности варианта **N30P30K30 + СЗР**. Последнее свидетельствует о наличии несомненных защитных свойств у диатомита как кремнийсодержащего материала. Кремний известен как



Влияние диатомита, кремниевых комплексов и минеральных удобрений на сахаристость корнеплодов сахарной свеклы (среднее за 2007 – 2009 гг.)

элемент, способный защищать растения от патогенных микроорганизмов, в частности грибов [4, 5, 6].

Основным качественным показателем корнеплодов сахарной свёклы является сахаристость. По мнению ряда авторов, между сахаристостью корнеплодов и содержанием в них азота существует обратная зависимость [7, 8]. В ходе многочисленных исследований выявлено, что при увеличении количества азота сахаристость корнеплодов снижается. Предполагается, что причиной снижения сахаристости может стать повышенное содержание неизрасходованных аминокислот в корнеплодах (глутамина и аспарагина), которые действуют как осмотический регулятор, препятствуя поступлению сахарозы в вакуоли клеток корнеплодов [7].

Данные о содержании сахара в корнеплодах культуры показали преимущество вариантов с применением диатомита и кремниевых комплексов как отдельно, так и совместно с минеральными удобрениями во все годы исследований (рис.). Сахаристость корнеплодов при применении их в чистом виде составила от 20,4 до 20,6%, что значительно выше контроля (на 18,2%). Наибольшим содержанием сахара обладала продукция, полученная на вариантах с применением диатомита и кремниевых комплексов на фоне полной дозы NPK. Значения здесь варьировали на уровне 21,3 – 21,6 т/га, что выше показателя варианта N60P60K60 в среднем на 2,2% (абсолютное значение).

При применении кремнийсодержащих

Таблица 2

Баланс азота, фосфора и калия в почве в зависимости от внесения минеральных удобрений, диатомита и кремниевых комплексов, кг/га (среднее за 2007 – 2009 гг.)

Варианты	Баланс ±		
	азота	фосфора	калия
Контроль	-63	-28	-92
Диатомит	-81	-35	-113
Комплекс К1	-86	-37	-119
Комплекс К2	-86	-37	-120
N60P60K60	-30	22	-65
N60P60K60 + диатомит	-39	18	-76
N60P60K60 + комплекс К1	-33	21	-67
N60P60K60 + комплекс К2	-39	19	-75
N30P30K30 + диатомит	-65	-6	-87
N15P15K15 + диатомит	-67	-19	-96
N60P60K60 + СЗР	-35	20	-70
N30P30K30 + СЗР	-52	-5	-85

материалов повышение содержания сахара в корнеплодах обусловлено, по-видимому, не только улучшением при этом питательного режима почвы, но и непосредственным влиянием кремния. Существует предположение, что кремний влияет на биохимические процессы накопления сахара в продукции. Кроме того, есть свидетельства, что монокремниевая кислота участвует в синтезе сахарозы [9].

Применение диатомита, кремниевых комплексов как в чистом виде, так и на фоне NPK способствовало получению экологически более безопасной продукции. Содержание тяжелых металлов и ксенобиотиков в корнеплодах сахарной свеклы по данным вариантам снизилось в среднем на 18% относительно контроля. Предполагается, что детоксирующее действие кремния может включать: 1) осаждение металлов либо образование их комплексов с кремнием; 2) ингибирование транспорта металлов из корней в надземную часть; 3) распределение ионов металлов в растении; 4) стимуляцию антиоксидантной системы растения [10, 11, 12].

В современных условиях постоянной деградации почвенного покрова, дефицита удобрений и энергетических ресурсов все большее значение приобретает исследование процессов взаимодействия удобрений с почвой и растением, а также прогнозирование направленности и интенсивности этих процессов и экологической сбалансированности агроландшафтов [13]. Одним из объективных показателей степени интенсивности земледелия является баланс элементов питания [14].

Несмотря на внесение минеральных удобрений, баланс основных элементов питания в почве остается отрицательным (табл. 2).

По азоту он изменялся от -33 (N60P60K60 + K1) до -86 кг/га (на вариантах с применением комплексов К1 и К2 в чистом виде). По фосфору на вариантах с применением минеральных удобрений баланс на-

ходился почти на бездефицитном или положительном уровне от -37 (комплексы К1 и К2 в чистом виде) до +22 (N60P60K60). Принимая во внимание высокую потребность сахарной свеклы в калийном питании, вынос данного элемента по всем вариантам опыта был отрицательным. Из полученных данных следует, что, несмотря на внесение минеральных удобрений, баланс азота, фосфора и калия в почве по всем вариантам опыта остается отрицательным. Одним из возможных путей решения данной проблемы может стать создание на основе диатомита комплексных удобрений, в состав которых, кроме кремния, будут входить и другие необходимые растениям элементы, а также применение кремнийсодержащих материалов на фоне полных доз минеральных удобрений.

Использование диатомита и кремниевых комплексов в технологии возделывания сахарной свеклы экономически и энергетически оправдано. Среди всех вариантов опыта наибольшей экономической и энергетической эффективностью обладал вариант с применением диатомита в чистом виде: уровень рентабельности составил 98%, коэффициент энергетической эффективности 1,4 (на контроле 36% и 1,3, вариантах с К1 и

K2 – 67% и 1,4, NPK 52% и 1,3).

Перспективы применения кремний-содержащих материалов в земледелии.

Перспективным направлением в земледелии, мы считаем, является разработка и внедрение инновационных удобрений и средств защиты растений, основанных на многостороннем действии кремниевой кислоты. Отличным сырьем для производства таких удобрений может являться диатомит. Высокое содержание активной кремниевой кислоты, малая плотность, высокая адсорбционная и каталитическая способности наделяют диатомит уникальными свойствами, а вхождение в его химический состав таких элементов как K, Fe, S, Na, Ca и Mg делает его особенно привлекательным для применения в земледелии.

В ходе предыдущих исследований, проведенных на кафедре почвоведения, агрохимии и агроэкологии Ульяновской ГСХА, доказано, что кремнийсодержащие породы способствуют оптимизации питания растений и получению экологически безопасной продукции. Однако предлагаемые производству дозы (3 – 5 т/га) ограничивают их применение лишь на относительно небольшом расстоянии от места добычи из-за высоких расходов на транспортировку и внесение. Наши исследования показали, что возможным решением данной проблемы может явиться внесение высококремнистых материалов одновременно с посевом культуры. Последнее дает возможность понизить вносимые их дозы до нескольких десятков килограмм на гектар при обеспечении достаточно высокой продуктивности культуры и экономической эффективности технологии возделывания.

Библиографический список

1. Калиничева Е.Ю. Оценка и перспективы развития сахарной промышленности // Вестник ОрелГАУ, 2008. №6. С.40–43.

2. Куликова А.Х. Влияние высококремнистых пород на свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской ГСХА, 2010. № 1 (II). С. 16–26.

3. Куликова А.Х., Дронина О.С., Никифорова С.А., Эффективность предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур биопрепаратами и диатомитовым порошком в условиях Среднего Поволжья. Монография. Ульяновск, 2010. 211 с.

4. Ефимова Г.В., Дякунчак С.А. Анатомо-морфологическое строение эпидермиса листьев риса и повышение его защитной функции под влиянием кремния // Сельскохозяйственная биология, 1986. №3. С.57-61.

5. Fawe A., Abou-Zaid M., Menzies J., Belanger R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber // Phytopathology, 1998. № 88. P.396-401.

6. Shulze E., Beck E., Müller-Hohenstein K. Plant Ecology. Berlin: Springer-Verlag, 2005. 702 P.

7. Рубин Б.А., Любарская Л.С., Гулидова И.В. Физиолого-биохимические особенности сахарной свёклы. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. 111 с.

8. Draycott P. Sugar beet. Oxford.: Blackwell Publishing Ltd, 2006. 473 P.

9. Ma J.F. A transporter regulating silicon distribution in rice shoots // The plant cell, 2008. № 5. P.1381–1389.

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

11. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Аммосова Я.М. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву // Агрохимия, 2002. № 2. С.86–93.

12. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М.: Пушкино, 2008. 34 с.

13. Середа Н.А., Хайруллин И.Х., Петрова М.В. Эффективность сидератов и навоза в регулировании баланса элементов питания и гумуса в выщелоченном черноземе // Достижения науки и техники АПК, 2007. № 11. С.14–16.

14. Алметов Н.С., Козырев А.С. Динамика плодородия, урожайность и баланс элементов питания в пахотных почвах республики Марий-Эл // Плодородие. 2007, № 5. С. 21–22.