

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ ПОРОД И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А.Х. Куликова, д. с.-х. наук, профессор, И.А. Тойгильдина к. с.-х. наук,
Ульяновская ГСХА

В современном земледелии важнейшей задачей является увеличение объемов производства экологически безопасной продукции. Однако продуктивность сельскохозяйственных культур остается низкой из-за недостатка средств интенсификации по причине их дороговизны. Особенно не удовлетворяются потребности растениеводства в минеральных удобрениях, являющихся основным фактором роста продуктивности земледелия и улучшения плодородия почв.

В условиях ограниченности материальных ресурсов сельскохозяйственных товаропроизводителей назрела острая потребность в изыскании доступных местных удобрений, которые бы обеспечивали минеральное питание растений и позволяли получать экологически безопасную продукцию высокого качества. Во многих регионах России имеются большие запасы нерудных минерально-сырьевых ресурсов, пригодность которых в качестве удобрения сельскохозяйственных культур практически не изучена. В этом отношении значительный интерес представляют высококремнистые породы, как природные сорбенты, при отдельном и комплексном их применении с макроэлементами.

В современном земледелии важнейшей задачей является увеличение объемов производства экологически безопасной продукции. Однако продуктивность сельскохозяйственных культур остается низкой из-за недостатка средств интенсификации по причине их дороговизны. Особенно не удовлетворяются потребности растениеводства в минеральных удобрениях, являющихся основным фактором роста продуктивности земледелия и улучшения плодородия почв.

В условиях ограниченности материальных ресурсов сельскохозяйственных товаропроизводителей назрела острая потребность в изыскании доступных местных удобрений, которые бы обеспечивали минеральное питание растений и позволяли получать экологически безопасную продукцию

высокого качества. Во многих регионах России имеются большие запасы нерудных минерально-сырьевых ресурсов, пригодность которых в качестве удобрения сельскохозяйственных культур практически не изучена. В этом отношении значительный интерес представляют высококремнистые породы, как природные сорбенты, при отдельном и комплексном их применении с макроэлементами.

Цель работы. Целью исследований являлось изучение эффективности использования высококремнистых пород (диатомита и опоки) и их смесей с минеральными удобрениями при возделывании сахарной свеклы в условиях Среднего Поволжья.

Задачи исследований:

- установить влияние высококремнистых пород и их смесей с минеральными удобрениями на агрофизические свойства, водный и питательный режимы чернозема выщелоченного;
- изучить действие диатомита, опоки и их смесей с минеральными удобрениями на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы;
- дать экологическую, экономическую и биоэнергетическую оценку технологиям возделывания сахарной свеклы с использованием высококремнистых пород и их смесей с минеральными удобрениями;
- провести производственные испытания диатомита в качестве удобрения сахарной свеклы.

Исследования проводились с 2003 по 2006 гг. в полевых опытах (на опытном поле Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии) и лабораторных исследованиях почвенных и растительных образцов.

Объектами исследований являлись: диатомит и опока Инзенского месторождения Ульяновской области и их смеси с минеральными удобрениями, сахарная свекла (сорт – *Рамонская односемянная 09*).

Химический состав (в оксидной форме, % на абсолютно сухое вещество):

- диатомита: H_2O – 3,14; SiO_2 – 83,6; TiO_2 – 0,29; Al_2O_3 – 7,88; Fe_2O_3 – 2,41; FeO – 0,12; MnO – 0,01; CaO – 0,28; MgO – 0,76; Na_2O – 0,02; K_2O – 1,06; P_2O_5 – 0,05; SO_3 – общ. – 0,21; SiO_2 аморф. – 42,0;

- опоки: H_2O – 2,30; SiO_2 – 82,70; Al_2O_3 – 4,60; TiO_2 – 0,27; Fe_2O_3 – 2,12; FeO – 3,00; MnO – 0,19; CaO – 4,38; MgO – 1,28; Na_2O – 0,48; K_2O – 1,77; P_2O_5 – 0,25; SO_3 – общ. – 0,12; SiO_2 аморф. – 62,80.

Вторым компонентом в системе удобрения сахарной свеклы в опытах являлись макроэлементы (НРК). В качестве азотного удобрения применяли мочевины (Nm), фосфорного – двойной суперфосфат (Pсд), калийного – хлористый калий (Kх).

Изучение эффективности использования диатомита и его смесей с минеральными удобрениями при возделывании сахарной свеклы проводилось по следующей схеме: 1 – контроль; 2 – N60P60K60; 3 – диатомит 3 т/га; 4 – диатомит 3 т/га + N30; 5 – диатомит 3 т/га + N60; 6 – диатомит 3 т/га + N60P30; 7 – диатомит 3 т/га + N60P30K30; 8 – диатомит 3 т/га + N60P60K30; 9 – диатомит 3 т/га + N60P60K60; 10 – диатомит 5 т/га; 11 – диатомит 5 т/га + N60; 12 – диатомит 5 т/га + N60P30; 13 – диатомит 5 т/га + N60P60K30; 14 – диатомит 5 т/га + N60P60K60; 15 – диатомит 5 т/га + N60P30K30.

Включение каждого из вариантов в схему опыта обусловлено необходимостью изучения влияния разных по составу смесей диатомита с минеральными удобрениями на свойства почвы, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы и установления оптимального соотношения компонентов в смеси. Предыдущие исследования показали высокую эффективность совместного применения диатомита (в дозе 3 т/га) с азотным удобрением (20 – 40 кг д.в. га). В связи с этим схема опыта предусматривала использование РК на фоне азотных удобрений.

По указанной выше схеме опыт проводился с 2003 по 2005 гг. В 2006 году были повторены наиболее результативные варианты: 1 – контроль; 2 – N60P60K60; 3 – диатомит 3 т/га; 4 – диатомит 3 т/га + N30; 5 – диатомит 3 т/га + N60.

Кроме того, в 2005 – 2006 гг. были проведены исследования по изучению эффективности

использования опоки Инзенского месторождения Ульяновской области при возделывании сахарной свеклы, а также возможности создания сложно-смешанного удобрения на ее основе. Сложно-смешанное удобрение было получено внедрением опоки в плав мочевины. Опыт проводился по схеме: 1 – контроль; 2 – N60P60K60; 3 – диатомит 3 т/га; 4 – опока 3 т/га; 5 – опока 1 т/га; 6. – опока 3 т/га + N40 (сложно-смешанное удобрение); 7 – опока 1 т/га + N40 (сложно-смешанное удобрение); 8 – опока 3 т/га + N40 (простая удобрительная смесь); 9 – опока 1 т/га + N40 (простая удобрительная смесь).

Сложно-смешанное удобрение на основе опоки и мочевины изготавливалось в аккредитованной агрохимической лаборатории ФГУ САС «Ульяновская» (№ РОСС. RU. 0001. 510.251). Простые удобрительные смеси диатомита и опоки с минеральными удобрениями готовили смешиванием компонентов вручную. Вносились они также вручную перед основной обработкой почвы, заделывали на глубину 25 – 27 см агрегатом Т-150 + ПЛН-5-35. Основная, предпосевная и послепосевная обработки почвы проводились согласно принятой в регионе технологии возделывания сахарной свеклы.

Предшествующей культурой во всех опытах во все годы исследований была викоовсяная смесь. Общая площадь делянок – 48 м² (4x12), учетная – 20 м² (2x10), размещение их в пространстве рендомизированное в два яруса, повторность четырехкратная.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,3 %, подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) – 168 и 150 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,8. Сумма поглощенных оснований составляет 25,5 – 27,8 мгэкв/100 г почвы, степень насыщенности почвы основаниями – 96,4 – 97,9 %.

2003 – 2006 годы, в течение которых проводились опыты, по характеру увлажненности в период вегетации были различными. 2003 год был достаточно благоприятным для роста и развития растений, гидротермический коэффициент за период вегетации сахарной свеклы равнялся 1,1. 2004 год характеризовался избыточной влагообеспеченностью и оптимальным тепловым режимом, что способствовало большому накоплению вегета-

тивной массы растений. В 2005 году наблюдался дефицит влаги при прорастании семян. Май характеризовался небольшим количеством осадков и высокой температурой (ГТК = 1,29). В 2006 году наблюдался недостаток влаги в июне и избыточное количество ее в августе, что сдвинуло сроки уборки сахарной свеклы. Гидротермический коэффициент составил 1,16 при среднемноголетнем значении 0,9.

Организация полевых опытов, проведение наблюдений, лабораторных анализов осуществлялись по общепринятым методикам и соответствующим ГОСТам. Все анализы проведены в аккредитованной агрохимической лаборатории ФГУ САС «Ульяновская» (№ аккредитации РОСС. RU. 0001. 510.251) и в испытательной лаборатории

«Ульяновской ГСХА» (№ аккредитации РОСС. RU. 001.513.748). Экономическую оценку технологий возделывания сахарной свеклы проводили по системе натуральных и стоимостных показателей с использованием нормативов и расценок, принятых для производственных условий учебно-опытного хозяйства Ульяновской ГСХА (2007 г.); биоэнергетическую эффективность – по совокупным затратам энергоресурсов на возделывание и накопление потенциальной энергии в урожае основной продукции. Данные результатов исследований подвергались математической обработке методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов (по Доспехову Б.А.) [3].

Таблица 1. Агрохимические показатели почвы в посевах сахарной свеклы в зависимости от внесения диатомита и его смеси с азотом (2003 – 2005 гг.)

Вариант	Гумус, %	рН _{ксл}	мг/кг				Сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г	
			Si водорастворимый	NO ₃ + NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O		
<i>Перед посевом</i>								
1. Контроль	4,39	5,89	33,5	139	155	149	43,0	
2. N60P60K60	4,38	5,92	34,0	155	165	164	43,3	
3. Диатомит 3 т/га	4,40	5,85	35,3	146	168	168	43,9	
4. Диатомит 3 т/га + N60	4,42	5,89	34,8	152	175	165	43,6	
5. Диатомит 5 т/га	4,41	5,90	39,3	147	174	170	43,9	
НСР ₀₅	2003 г.	0,04	0,1	1,1	5	7	6	1,7
	2004 г.	0,07	0,07	1,6	4	6	4	1,3
	2005 г.	0,06	0,07	1,3	4	5	4	0,7
<i>В период уборки</i>								
1. Контроль	4,35	5,88	33,4	143	161	152	43,9	
2. N60P60K60	4,37	5,86	31,4	160	170	166	43,5	
3. Диатомит 3 т/га	4,34	5,90	36,6	158	186	174	44,7	
4. Диатомит 3 т/га + N60	4,32	5,95	36,9	163	180	169	43,9	
5. Диатомит 5 т/га	4,35	5,92	40,4	159	184	172	44,4	
НСР ₀₅	2003 г.	0,05	0,09	1,2	6	4	6	1,1
	2004 г.	0,06	0,05	1,3	6	5	6	1,4
	2005 г.	0,09	0,07	2,8	4	6	4	1,1

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Влияние диатомита и макроэлементов на свойства

чернозема выщелоченного и подвижность тяжелых металлов

Агрофизическое состояние. Внесение в почву диатомита в качестве кремниевого удобрения способствовало существенному улучшению агрофизического состояния почвы. Так, при дозах 3 и 5 т/га в чистом виде плотность почвы перед посевом сахарной свеклы составила 1,15 г/см³ (при

оптимальном значении 0,9 – 1,1 г/см³), тогда как на контроле – 1,24 г/см³. Более низкая плотность чернозема выщелоченного на указанных вариантах сохранялась до конца уборки культуры.

Имеются сведения, что поликремниевые кислоты способны связывать почвенные частицы в агрегаты за счет образования кремниевых мостиков между ними, в результате происходит улучшение важнейшего агрофизического показателя почвы – структурно-агрегатного состава, от которого во многом зависит строение пахотного

слоя. В наших исследованиях содержание агрономически ценных агрегатов в почве под влиянием диатомита на вариантах с внесением его 3 и 5 т/га увеличивалось с 65,5 до 72,1 и 74,8 % соответственно. Коэффициент структурности чернозема выщелоченного при этом повышался: перед посевом сахарной свеклы на 28 и 44 %, перед уборкой на 37 и 58 % соответственно.

Агрохимические показатели. Одним из определяющих факторов формирования урожайности культур является обеспеченность растений питательными веществами в оптимальном соотношении. Исследования позволили установить положительное влияние диатомита на основные агрохимические показатели почвы (таблица 1).

По нашим данным, по улучшению питательного режима диатомит не уступал полным дозам НРК: содержание подвижных форм фосфора в пахотном слое увеличивалось на 8,4 – 12,3 %, обменного калия на 10,7 – 14,7 %.

Увеличение содержания подвижного фосфора в почве подтверждает многочисленные сведения о трансформации труднорастворимых фосфатов под влиянием подвижной кремнекислоты в более доступные [6, 8, 9].

В наших опытах содержание подвижных форм P_2O_5 в почве в зависимости от водорастворимого кремния характеризовалось следующим уравнением регрессии:

$$Y = 49,455 + 3,3299X \quad (R=0,612),$$

где Y – содержание P_2O_5 , мг/кг почвы; X – содержание водорастворимого кремния, мг/кг почвы.

Положительное влияние диатомита на количество подвижного калия вполне объяснимо относительно высоким содержанием в нем элемента. Так, с дозами диатомита 3 и 5 т/га в почву вносится 32 – 51 кг/га K_2O соответственно.

Внесение диатомита в почву приводило также к увеличению содержания в ней минеральных форм азота ($NO_3 + NH_4$) на 5 – 9,3 %. Ряд авторов объясняет последнее тем, что при использовании кремнийсодержащих соединений в системе удобрения повышается микробиологическая активность почвы, благодаря чему усиливается процесс нитрификации, увеличивается количество аммонификаторов [1, 5, 7].

Преимущество вариантов с внесением диатомита в чистом виде и его смеси с мочевиной

сохранялось до конца вегетации. Особо следует отметить, что при внесении диатомита в почву содержание в ней водорастворимого кремния перед посевом сахарной свеклы увеличивалось на 17 % и на 20 % к моменту уборки корнеплодов, что, несомненно, способствовало оптимизации кремниевого питания растений. Последнее тем более важно, так как сахарная свеклы относится к растениям – кремнефилам.

При использовании диатомита в качестве удобрения заметных изменений в содержании гумуса, реакции почвенного раствора и сумме поглощенных оснований не происходило.

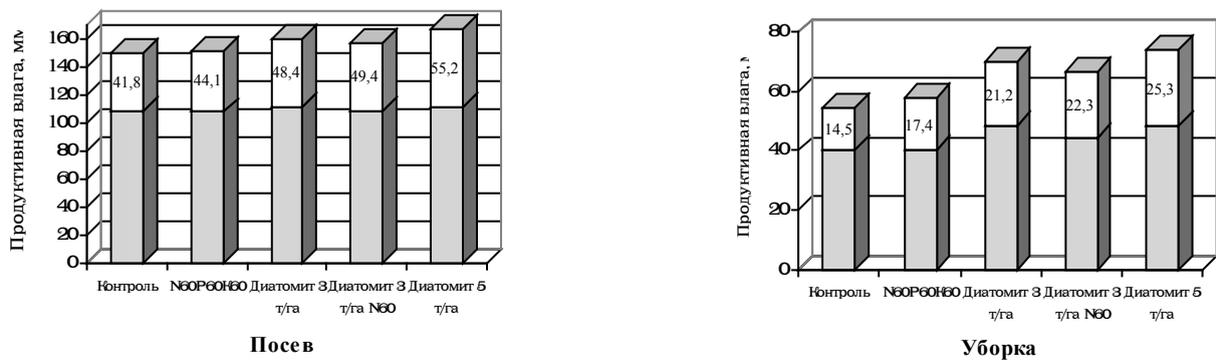
Таким образом, диатомит и, прежде всего, аморфный кремний, содержащийся в нем, оказывает положительное влияние на общее физико-химическое состояние и свойства почвы, способствуя улучшению питания растений.

Водный режим. Проблема влагообеспеченности посевов является одной из главных в земледелии лесостепи Поволжья. Анализ результатов исследований показал положительную роль диатомита в накоплении, сохранении и рациональном использовании влаги в пахотном и метровом слоях почвы, что обусловлено его особенностями, прежде всего наличием высокоразвитой активной поверхности ($20 - 50 \text{ м}^2/\text{кг} \times 10^3$) [2, 4]. При возделывании сахарной свеклы внесение диатомита в дозе 5 т/га повышало содержание продуктивной влаги в пахотном горизонте и в метровом слое почвы перед посевом на 13,4 и 17,1 мм, перед уборкой на 10,8 и 19,2 мм соответственно (рисунок 1).

Большее накопление продуктивной влаги в почве способствовало формированию более высокой урожайности, что снижало коэффициент водопотребления. В среднем за 3 года для формирования 1 т урожая корнеплодов сахарной свеклы на варианте без удобрений затрачивалось 136 м^3 воды, при внесении диатомита в дозе 3 т/га в чистом виде – 110 м^3 , диатомита 3 т/га совместно с мочевиной N60 – 94 м^3 . При применении диатомита в дозе 5 т/га коэффициент водопотребления сахарной свеклы находился на уровне $103 \text{ м}^3/\text{га}$, что ниже контроля на 19 – 31%.

Таким образом, внесение диатомита в почву повышало водоудерживающую способность чернозема выщелоченного, способствовало экономному использованию влаги на формирование урожайности корнеплодов сахарной свеклы.

Содержание тяжелых металлов в по-



□ - в т.ч. в слое 0-30 см

Рисунок 1. Запасы продуктивной влаги в посевах сахарной свеклы в зависимости от применения диатомита и его смесей с мочевиной (2003 – 2005 гг.)

чве. Диатомит, как природный сорбент с высокоразвитой поверхностью, способствовал уменьшению подвижности вредных и токсичных примесей ионов тяжелых металлов в почве. Внесение его под посевы сахарной свеклы как в чистом виде, так и в смеси с минеральными удобрениями не приводило к достоверным изменениям в валовом содержании элементов, однако наблюдалось заметное снижение их подвижности в почве. Подвижность цинка в пахотном слое по сравнению с контролем уменьшалась на 7,5 %, меди – 10 %, никеля – 8,3 %, свинца

– 17,4 %, кадмия на 28,5 %.

Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от применения диатомита и его смесей с минеральными удобрениями

Урожайность. Урожайность культур является главным результирующим показателем, характеризующим способность культуры в определенных почвенно-климатических условиях производить сельскохозяйственную продукцию. Диатомит оказал положительное влияние на уро-

Таблица 2. Влияние диатомита и минеральных удобрений на урожайность корнеплодов сахарной свеклы, т/га (2003 – 2005 гг.)

Варианты				Средняя
	2003 г.	2004 г.	2005 г.	
1. Контроль	24,2	21,5	42,3	29,3
2. N60P60K60	33,0	28,2	49,2	36,8
3. Диатомит 3т/га	32,7	28,0	46,6	35,8
4. Диатомит 3т/га + N30	37,5	30,9	53,4	40,6
5. Диатомит 3т/га + N60	37,9	31,2	56,2	41,8
6. Диатомит 3т/га + N60P30	32,3	31,2	55,4	39,6
7. Диатомит 3т/га + N60P30K30	40,0	31,7	57,5	43,1
8. Диатомит 3т/га + N60P60K30	35,2	31,2	57,9	41,4
9. Диатомит 3т/га + N60P60K60	37,9	33,6	57,6	43,0
10. Диатомит 5т/га	34,4	29,2	51,4	38,3
11. Диатомит 5т/га + N60	34,8	31,8	58,2	41,6
12. Диатомит 5т/га + N60P30	37,5	30,2	57,3	41,7
13. Диатомит 5т/га + N60P60K30	34,4	34,6	53,9	41,0
14. Диатомит 5т/га + N60P60K60	38,2	32,6	58,0	42,9
15. Диатомит 5т/га + N60P30K30	34,3	31,6	55,7	40,5
НСР ₀₅	3,4	2,5	2,9	-

жайность корнеплодов сахарной свеклы при внесении как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями (таблица 2).

В среднем за годы исследований прибавка урожайности корнеплодов при использовании диатомита в качестве удобрения в дозе 3 т/га такая же, что и при внесении полного минерального удобрения в дозах N60P60K60 и составляет 6,5 т/га, или урожайность увеличилась на 22 %. Добавление к диатомиту (3 т/га) 30 кг/га д. в./га азота (мочевина) повышало урожайность по отношению к внесению его в чистом виде в дозе 3 т/га на 13 %. Более высокая урожайность (на 47 % выше контроля) была получена на варианте с использованием диатомита в дозе 3 т/га совместно с дозами минеральных удобрений N60P30K30. Дальнейшее повышение доз РК на фоне диатомита в дозах 3 и 5 т/га, а также совместное использование его с полной дозой минеральных удобрений не приводило к формированию большей урожайности.

На основании вышеприведенных результатов для большей достоверности в 2006 году были повторены наиболее эффективные варианты, результаты которых подтвердили данные предыдущих лет: прибавка урожайности корнеплодов сахарной свеклы по варианту диатомита 3 т/га + N30 составила 8,3 т/га.

Таким образом, результаты 4-х летних исследований убедительно доказывают, что для формирования большей урожайности сахарной свеклы более целесообразно применять диатомит 3 т/га совместно с мочевиной с дозой азота 30 кг д.в./га. Применение РК-удобрений на фоне доз диатомита 3 и 5 т/га при возделывании сахарной свеклы, как будет показано ниже, экономически не оправдывается из-за дороговизны первых и больших расходов на транспортировку и внесение вторых.

Баланс NPK в почве. Несмотря на внесение диатомита как в чистом виде, так и его смесей с минеральными удобрениями, баланс основных элементов питания в почве остается отрицательным. По азоту он варьировал от -57 (N60P60K60) до -110 кг/га (диатомит 5 т/га). Диатомит, как порода, содержащая в своем составе фосфор и калий, значительно улучшал их баланс в почве. По фосфору на фоне совместного внесения диатомита и суперфосфата двойного он находился почти на бездефицитном или положительном уровне от

-12 кг/га (диатомит 3 т/га + N60P30K30) до +39 кг/га (диатомит 5 т/га + N60P30K30). Свекла является калиелюбивой культурой, поэтому суммарный вынос калия урожаем был очень высоким, вследствие чего баланс сложился отрицательным. Однако следует отметить преимущество вариантов с внесением диатомита и минерального калия, баланс на этих вариантах составил от -44 до -113 кг/га, тогда как на других вариантах от -92 до -130 кг/га. Таким образом, применение диатомита в качестве удобрения сахарной свеклы способствовало значительному снижению напряженности баланса элементов питания в почве при ее возделывании.

Сахаристость. Показателем качества корнеплодов сахарной свеклы является сахаристость. Анализ накопления сахара в корнеплодах показал преимущество вариантов с использованием диатомита в дозах 3 т/га и 5 т/га как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями по сравнению с контролем и минеральным фоном во все годы исследований.

Для получения корнеплодов с более высокой сахаристостью достаточно вносить в почву диатомит в дозе 3 т/га, где содержание сахара в корнеплодах в среднем за три года составило 18,4 %, или совместно с азотными удобрениями: диатомит 3 т/га + N30 (18,3 %).

Показателем продуктивности сахарной свеклы является сбор сахара с единицы площади, исчисляемый на основе урожайности корнеплодов и их сахаристости. Расчеты показали, что на контрольном варианте сбор сахара составил 5,01 т/га, на вариантах: диатомит 3 т/га + N30 и диатомит 3 т/га + N60 сбор сахара возрос соответственно на 2,42 и 2,51 т/га. Добавление минеральных удобрений повышало урожайность и соответственно сбор сахара, однако эти варианты экономически менее эффективны.

Проведенный в 2006 году анализ корнеплодов показал, что содержание сахара находилось на уровне 15,7 – 17,0 %. По выходу сахара преимущество имели варианты: диатомит 3 т/га + N30 и диатомит 3 т/га + N60, где выход составил соответственно 9,09 и 9,19 т/га, что больше контрольного варианта на 1,9 и 2,0 т/га.

Экологическая оценка продукции. Применение диатомита в чистом виде приводило к заметному снижению накопления нитратов в продукции. Данная закономерность сохранялась и

при использовании его совместно с минеральными удобрениями. Наиболее оптимальными вариантами (за 2003 – 2004 гг.) являлись: диатомит 3 т/га в чистом виде и диатомит 3 т/га + N60, на которых уровень нитратов в корнеплодах составил соответственно 145 и 148 мг/кг (контроль 166 мг/кг). Данные подтвердились в 2006 году.

В современной земледелии актуальным является получение экологически безопасной продукции. Исследования показали, что при использовании в технологии сахарной свеклы диатомита и его смесей с минеральными удобрениями наличие тяжелых металлов и радионуклидов в корнеплодах не превышало ПДК. При этом наименьшее их количество отмечалось на вариантах

с применением диатомита 3 и 5 т/га в чистом виде (содержание свинца снижалось по сравнению с контролем на 24,1 %). Эффективность диатомита в уменьшении поступления токсичных элементов в продукцию сохранялась и при добавлении к нему минеральных удобрений. Так, содержание кадмия на варианте диатомит 3 т/га + N60P60K30 было на 36 % меньше, чем на контрольном варианте.

Эффективность применения опоки и ее смесей с мочевиной

в системе удобрения сахарной свеклы

Влияние на агрохимические свойства почвы. Внесение в почву простой удобрительной смеси на основе опоки и мочевины повышало

Таблица 3. Влияние опоки и её смесей с мочевиной на урожайность сахарной свеклы, т/га (2005 – 2006 гг.)

Вариант	Урожайность			Отклонение от контроля в среднем за два года	
	2005 г.	2006 г.	среднее	т/га	%
1. Контроль	43,08	41,9	42,49	-	-
2. N60P60K60	50,6	44,95	47,77	+4,8	12,4
3. Диатомит 3 т/га	48,93	48,77	48,85	+6,36	14,9
4. Опока 3 т/га	48,28	45,5	46,89	+4,4	10,3
5. Опока 1 т/га	47,8	44,0	45,9	+3,41	8,0
6. Опока 3 т/га + N40 (плав)	51,63	45,0	48,31	+5,82	13,6
7. Опока 1 т/га + N40 (плав)	48,33	43,1	45,71	+3,22	7,5
8. Опока 3 т/га + N40 (смесь)	50,8	44,67	47,73	+5,24	12,3
9. Опока 1 т/га + N40 (смесь)	48,6	42,7	45,65	+3,16	7,4
НСР ₀₅	2,25	2,08	-	-	-

содержание в ней водорастворимого кремния до 39,8 мг/кг (на 24 % по сравнению с контролем). Отмечалось повышение концентрации минеральных форм азота ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) в пахотном слое на 9 – 13 %, подвижных форм фосфора – на 10 – 12 %, обменного калия – на 3 – 13 %. Преимущество данных вариантов сохранялось до уборки корнеплодов сахарной свеклы.

Урожайность и качество корнеплодов.

Исследования показали, что использование диатомита и опоки в чистом виде, а также смесей опоки и мочевины повышало урожайность

корнеплодов сахарной свеклы (таблица 3).

При применении опоки в дозе 3 т/га в среднем за два года сформировалась урожайность корнеплодов сахарной свеклы на 10,3 % превышающая контроль; добавление к опоке мочевины (простая удобрительная смесь) в соотношении 3:1 обеспечивало прибавку 5,24 т/га, или на 12,3 %.

Однако более высокая урожайность (на 14,5 % выше контроля) наблюдалась на варианте с использованием диатомита в дозе 3 т/га. Следовательно, из высококремнистых пород в качестве

удобрения сельскохозяйственных культур предпочтительнее применять диатомит.

В 2006 году на вариантах опока 3 т/га и опока 3 т/га + N40 достоверно происходило большее накопление сахара в сравнении с контролем на 1,6 %. В 2005 году отмеченные варианты превысили контроль по содержанию сахара на 1,3 % и 0,6 %, однако разница несущественна.

Расчеты по сбору сахара выявили преимущество вариантов: диатомит 3 т/га – 9,0 т/га; опока 3 т/га – 8,7 т/га и опока 3 т/га + N40 (плав) – 8,8 т/га, что больше, чем на контроле соответственно на 1,7, 1,4 и 1,5 т/га. На варианте опока 3 т/га + N 40 (смесь) сбор сахара составил 8,4 т/га, превысив контроль на 1,1 т/га.

Внесение диатомита, опоки и ее смесей с мочевиной существенно повлияло на накопление кремния в корнеплодах, содержание которого в них в среднем по годам увеличивалось с 0,67 (контроль) до 0,97 %.

Экологическая оценка продукции. Использование диатомита и опоки в дозах 3 т/га в чистом виде, а также опоки в смеси с минеральным азотом под сахарную свеклу показало их как

эффективные сорбенты, которые снижали поступление тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni) в продукцию. Так, содержание никеля в продукции уменьшалось на 35,3 %, меди на – 39,3 %, свинца на – 42,5 %.

Производственные опыты с использованием диатомита при возделывании сахарной свеклы

Агротехнические приемы, предлагаемые производству, должны пройти производственные испытания, целью которых является оценка экономической эффективности и пригодности их применения в практических условиях. В связи с этим в 2005 году нами были проведены производственные опыты с использованием диатомита в технологии возделывания сахарной свеклы в ООО «Чеботаевское» Сурского района Ульяновской области.

Почва поля в хозяйстве, где возделывалась сахарная свекла (450 га) – чернозем типичный среднемоощный среднегумусный среднесуглинистый. Площадь делянок составляла 1,5 га, повторность трехкратная. Диатомит вносили в почву в дозе 3 т/

Таблица 4. Экономическая эффективность возделывания сахарной свеклы с применением диатомита в чистом виде и его смесей с минеральными удобрениями (2003 – 2005 гг.)

Показатели	Контроль	N60P60K60	Диатомит 3 т/га	Диатомит 3 т/га + N30	Диатомит 3 т/га + N60	Диатомит 3 т/га + N60 P30 K30	Диатомит 5 т/га	Диатомит 5 т/га + N60 P60 K60
Урожайность, т/га	29,3	36,8	35,8	40,6	41,8	43,1	38,3	42,9
Сахаристость, %	17,1	17,4	18,4	18,3	18,0	18,2	18,2	17,7
Цена реализации, руб./т	929	959	1059	1049	1019	1039	1039	989
Стоимость продукции, руб. с 1 га	27220	35291	37912	42589	42594	44781	39794	42131
Производственные затраты, руб. на 1 га	9440	12969	12297	13248	13806	14823	14078	17245
Условно чистый доход, руб. на 1 га	17780	22322	25615	29341	28788	29958	25716	24886
Себестоимость продукции, руб./т	322,2	352,4	343,5	326,3	330,3	343,9	367,6	404,8
Уровень рентабельности, %	188,3	172,1	208,3	221,5	208,5	202,1	182,7	144,3

Таблица 5. Биоэнергетическая эффективность возделывания сахарной свеклы в зависимости от применения диатомита в чистом виде и его смесей с минеральными удобрениями (2003–2005 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Накопление энергии, ГДж/га	Затраты техногенной энергии, ГДж/га	Биоэнергетический коэффициент	Энергоемкость продукции, ГДж/т
1. Контроль	29,3	91,5	31,1	2,9	1,06
2. N60P60K60	36,8	116,9	39,2	3,0	1,06
3. Диатомит 3 т/га	35,8	120,3	39,6	3,0	1,10
4. Диатомит 3 т/га + N30	40,6	135,7	43,1	3,1	1,06
5. Диатомит 3 т/га + N60	41,8	137,4	46,3	3,0	1,12
6. Диатомит 3 т/га + N60P30K30	43,1	143,2	48,7	2,9	1,13
7. Диатомит 5 т/га	38,3	127,3	46,8	2,7	1,22

га под предпосевную культивацию. Данные убедительно показали высокую эффективность диатомита в качестве удобрения. Прибавка урожайности корнеплодов сахарной свеклы при его внесении составила 2 т/га. При этом значительно улучшались показатели качества продукции: содержание фосфора в корнеплодах повысилось на 40 %, калия – на 25 % (относительные значения), сахаристость – на 3,6 % (абсолютное значение). Сбор сахара с одного гектара увеличился на 1,8 т/га.

Оценка экономической эффективности возделывания сахарной свеклы в производственных условиях показала преимущество варианта с внесением диатомита 3 т/га, несмотря на высокие затраты на транспортировку (расстояние 100 км) и внесение: себестоимость продукции снизилась в 1,4 раза по сравнению с контролем, а уровень рентабельности вырос на 22,2 %.

Экономическая и биоэнергетическая эффективность технологий возделывания сахарной свеклы с использованием диатомита и его смесей с минеральными удобрениями

Экономическая эффективность. Использование диатомита в качестве удобрения в сочетании с мочевиной обеспечивает рост продуктивности сахарной свеклы с высокой окупаемостью материально-денежных средств (табл. 4).

Применение диатомита в чистом виде в дозе 3 т/га, несмотря на достаточно высокие затраты на транспортировку и внесение, является более рентабельным, чем контроль, на 20 % и на 36,3 % – варианта с полной дозой минерального удобрения.

Использование диатомита совместно с мочевиной в дозе 30 кг д.в./га повышало уровень рентабельности на 33,2 % по сравнению с контролем и на 49,4 % варианта с полной дозой минеральных удобрений. Использование диатомита в дозе 5 т/га в чистом виде совместно с минеральными удобрениями экономически менее рентабельно, чем возделывание сахарной свеклы без удобрений.

Биоэнергетическая оценка. Оценка энергетической эффективности возделывания сахарной свеклы показала, что применение диатомита позволяет получать значительную прибавку урожая при относительно небольших энергетических затратах (табл. 5).

Накопление энергии в основной продукции сахарной свеклы в зависимости от вариантов опыта варьировало от 91,5 ГДж/га до 143,2 ГДж/га. Наибольшие затраты техногенной энергии отмечались на варианте с использованием диатомита в дозе 5 т/га совместно с полными дозами минеральных удобрений – 54,2 ГДж/га, тогда как на контроле они составили 31,1 ГДж/га.

Все варианты, в которых применялся диатомит 3 т/га в чистом виде и совместно с мочевиной, отличались большей энергетической эффективностью по сравнению с контролем. Следует отметить вариант диатомит 3 т/га + N30, где энергетический коэффициент составил 3,1 при наименьшей энергоемкости корнеплодов – 1,06 ГДж/т.

Анализ структуры издержек энергии в технологиях возделывания сахарной свеклы в за-

висимости от использования диатомита в чистом виде и в смеси с минеральными удобрениями показывает, что наибольший удельный вес занимают топливо 43 – 52 % и диатомит – 16 – 30 %. Затраты на основные средства производства составляли 7 – 10 % затрат совокупной энергии, на минеральные удобрения 6 – 11 %, на трудовые ресурсы 9 – 15 %.

ВЫВОДЫ

1. Внесение диатомита под сахарную свеклу оказало разуплотняющее и оструктурирующее действие на почву. Плотность почвы перед посевом сахарной свеклы при внесении диатомита в дозе 3 и 5 т/га в чистом виде составила 1,15 г/см³, тогда как на контроле 1,24 г/см³. Содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном слое перед уборкой сахарной свеклы увеличивалось на 6,6 и 9,3 % соответственно (абсолютные значения). Улучшение агрофизических параметров плодородия отмечалось и при внесении диатомита совместно с минеральным азотом.

2. Внесение высококремнистых пород приводило к улучшению питательного режима почвы, которые по эффективности не уступали полным дозам удобрений. Диатомит (3 и 5 т/га) и опока (3 т/га) при применении как в чистом виде, так и совместно с мочевиной способствовали повышению содержания минеральных форм азота (NO₃ + NH₄) в пахотном слое на 5 – 13,2 %, подвижных форм фосфора – на 8,4 – 12,5 %, обменного калия – на 6,1 – 14,7 %.

3. Внесение диатомита и опоки в почву приводило к повышению содержания в ней водорастворимого кремния с 32,1 мг/кг на контрольном варианте до 41,2 мг/кг.

4. Диатомит в дозах 3 и 5 т/га способствовал большему накоплению продуктивной влаги в пахотном слое почвы на 6,6 и 13,4 мм и в метровом слое на 9,4 и 17,1 мм соответственно. Наиболее экономный расход влаги на создание 1 т основной продукции сахарной свеклы отмечался при внесении диатомита в дозе 3 т/га совместно с мочевиной в дозе 60 кг д.в./га, где коэффициент водопотребления составил 94 м³/т (контроль 136 м³/т).

5. Использование диатомита в дозах 3 и 5 т/га повышало урожайность сахарной свеклы на 22,2 % и 30,7 % соответственно в сравнении с контролем и не уступало в этом отношении ва-

рианту с применением полного минерального удобрения (N60P60K60). Для получения максимального эффекта в технологии возделывания сахарной свеклы достаточно применение диатомита в дозе 3 т/га совместно с мочевиной в дозе 30 кг д.в./га. Производственные испытания подтвердили результаты мелкоделяночных опытов.

Применение опоки, простой удобрительной смеси и плава на ее основе приводило к повышению урожайности корнеплодов на 7,4 – 13,6 %. По влиянию на урожайность наиболее эффективно применение опоки 3 т/га совместно с мочевиной в дозе 40 кг д.в./га.

6. Использование диатомита в дозах 3 и 5 т/га на фоне минеральных удобрений позволило существенно снизить напряженность баланса элементов питания в почве, в том числе по фосфору создавался почти бездефицитный и положительный баланс (-12 – +39 кг/га), а потери азота и калия были наименьшими в сравнении с другими вариантами.

7. Диатомит и опока благоприятно влияли на повышение сахаристости корнеплодов: на вариантах диатомит 3 т/га + N30 – на 1,2 %, диатомит 3 т/га + N60 – на 0,9 % и опока 3 т/га + N40 (плав) – на 1,1 %. Сбор сахара на данных вариантах повышался на 2,4, 2,5 и 1,5 т/га соответственно.

8. Высококремнистые породы являются природными сорбентами, способствующими уменьшению подвижности тяжелых металлов в почве, а также снижению их поступления в продукцию. Подвижность кадмия в почве при внесении диатомита в дозах 3 и 5 т/га уменьшалась на 14,3 – 28,6 %, свинца на 8,7 – 17,4 %, поступление их в растения на 12 – 36 % и 14 – 24,1 % соответственно. При внесении опоки поступление кадмия в продукцию снижалось на 26 %, свинца на 42,5 %.

9. Применение диатомита 3 т/га совместно с азотным удобрением в дозе 30 кг д.в./га в технологии возделывания сахарной свеклы наиболее экономически и энергетически эффективно. Уровень рентабельности возделывания сахарной свеклы при этом повышался в сравнении с контролем на 33,2 %, коэффициент энергетической эффективности составил 3,1.

Литература

1. Воронков М.Г. Кремний и жизнь / М.Г. Воронков, Г.Н. Зелчан, Э.Я. Луцкевиц// Рига: Зинатне, 1978. 578 с.
2. Дистанов У.Г. Перспективы нетрадиционного минерального сырья // Химизация сельского хозяйства, 1989. № 12. С. 37 – 41.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985.
4. Куликова А.Х. Роль высококремнистых пород в повышении продуктивности и получении экологически безопасной продукции сельскохозяйственных культур// Современное развитие АПК: региональный опыт, проблемы, перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ульяновск – 2005. С. 50 – 54.
5. Кцоев Б.К., Ермолаев А.А. Кремний, почва, урожай. Орджоникидзе: Ир, 1990. 142 с.
6. Матыченков В.В. Комплексное кремний-фосфорное удобрение/ В.В. Матыченков, В.М. Дьяков, Е.А. Бочарникова// 1997.
7. Самсонова Н.Е. Научное обоснование эффективности фосфорных удобрений пониженной растворимости и кремнийсодержащих соединений на почвах Центрального Нечерноземья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М.: СХИ, 2001. 45 с.
8. Тарановская В.Г. Силикатирование субтропических питомников и плантаций// Советские субтропики. 1939. №7. С. 32 – 37.
9. Тарановская В.Г. Значение силикатирования для цитрусовых, тунга и сидератов// Советские субтропики. 1940. №5. С. 38 – 43.

УДК 332

МОНИТОРИНГ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.С. Голомолзин, Н.В. Хвостов, к.с.-х.н., Ульяновская ГСХА
С.Н. Куличков – начальник отдела земельного контроля
Управления Россельхознадзора по Ульяновской области

За последние десятилетия резко возросло воздействие человека на окружающую среду. Анализ состояния современных агроэкосистем показывает, что наметилась устойчивая тенденция деградации почв: усиление эрозионных процессов, дегумификация, сокращение мощности гумусового горизонта и т.д. Бесконтрольная эксплуатация человеком природы приводит к неблагоприятным последствиям. Все более опасный характер приобретает захламливание и загрязнение земель сельскохозяйственного назначения несанкционированными свалками промышленных и

бытовых отходов.

В связи с этим возрастает необходимость получения детальной информации о состоянии природной среды, и в частности земельных ресурсов, так как сведений о состоянии земель и развитии негативных процессов, имеющих в настоящее время, недостаточно для принятия необходимых управленческих решений.

Систему наблюдений, оценки и контроля состояния окружающей человека природной среды называют мониторингом. Основные задачи мониторинга земель: своевременное выявление