

УДК 631.82.81.93:633

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИАТОМИТА ШАРЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**Яшин Е.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-68, yashin.yevgeniy@mail.ru**
**Куликова А.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
тел. 8(8422) 55-95-68, agroec@yandex.ru**
**Волкова Е.С., аспирант, тел. 8(8422) 55-95-68,
volkova-ivinaelena@yandex.ru**
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

***Ключевые слова:** питательный режим почвы, диатомит, подсолнечник, урожайность и качество продукции.*

В работе приведены результаты изучения эффективности диатомита - высококремнистой породы, в качестве удобрения сельскохозяйственных культур (на примере кукурузы на силос). Установлено улучшение питания растений основными элементами (NPK) и повышение урожайности зеленой массы кукурузы на 17-19 % с улучшением качества продукции. Работа выполняется в рамках задания МСХ РФ «Разработка комплексного сложного органоминерального удобрения на основе местных источников минерального питания растений, отходов промышленного и сельского хозяйства пролонгированного действия».

Введение. Устойчивое ведение сельскохозяйственного производства является решающей в обеспечении продовольственной безопасности страны в условиях экономических санкций. В решении ее большое значение приобретает применение местных нетрадиционных ресурсов, содержащих в своем составе биофильные элементы питания растений. Последнее особенно важно в связи с резким повышением стоимости минеральных удобрений. В этом отношении в условиях Ульяновской области перспективным является использование в качестве удобрения сельскохозяйственных культур диатомита — высококремнистой породы, которым богата область (запасы их составляют почти четверть ресурсов страны).

Диатомиты представляют из себя тонкопористую осадочную породу органогенного происхождения, образованную из реликтовых останков диатомовых водорослей [1]. Породы обладают уникальными адсорбционными и

ионообменными свойствами. В таблице 1 представлен состав диатомита Инзенского месторождения Ульяновской области по основным элементам.

Таблица 1 — Содержание оксидов основных элементов в диатомите

Форма нахождения элемента в породе	Ионообменная емкость, мг-экв./100 г.	% на абс. - сух. вещество				
		SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Валовая, %	80	83,1	0,05	1,25	0,52	0,49
Подвижная, мг/кг		12200	37	350	10	39

Как следует из приведенных данных, в диатомитах очень значительное количество кремния находится в подвижной (доступной) форме. Следовательно, в первую очередь порода является кремниевым удобрением. Кремний является таким же необходимым элементом для растений как азот, фосфор и калий и недостаток его в почвенной среде в доступной форме является фактором, определяющим высоту урожайности. В ряде исследований [2,3,4,5,6] доказано, что в настоящее время в любых почвах нарастает дефицит доступного кремния в связи с безвозвратным отчуждением элемента с урожаем культур. И, как будет показано ниже, в качестве кремниевых удобрений перспективно применение природных кремнийсодержащих пород. Кроме того, следует отметить, в кремнистых породах присутствуют и другие элементы питания, в частности, содержание доступного калия в среднем составляет 350 г/кг почвы.

Вышеизложенное определило цель наших исследований — изучить эффективность диатомита Шарловского месторождения Ульяновской области (состав которого незначительно отличается от Инзенского месторождения в качестве удобрения сельскохозяйственных культур на примере кукурузы на зеленый корм).

Условия и методы исследования. Исследования по изучению влияния диатомита Шарловского месторождения на питательный режим почвы, урожайность и качество зеленой массы кукурузы осуществляли в производственных условиях СПК (колхоз) имени Калинина Вешкаймского района Ульяновской области. Почва поля, где выращивали кукурузу на зеленый корм, представлена черноземом типичным среднесуглинистым.

Погодные условия в течение вегетации 2021 года характеризовались высокими температурами и малым количеством осадков. Однако единичные осадки в критический период развития кукурузы позволили при благоприятном температурном режиме сформировать достаточно высокую урожайность зеленой массы.

Изучение влияния диатомита карьерного и диатомита модифицированного (высушенного при температуре 400 °С) на продуктивность и качество зеленой массы кукурузы на силос (гибрид Росс 199 МВ) проводили по следующей схеме:

1-й вариант — контроль (фон NPK)

2-й вариант — диатомит карьерный 3 т/га (на фоне NPK)

3-й вариант — диатомит модифицированный 0,5 т/га (на фоне NPK)

Диатомит вносили навозоразбрасывателем, диатомит модифицированный - разбрасывателем минеральных удобрений. В качестве фонового удобрения использовали азофоску в дозе 80 кг/га в физическом весе. Площадь делянок 10000 м², размещение их рендомизированное, повторность трехкратная. Урожайность зеленой массы определяли методом учетных площадок (60 м²).

Все анализы проводили в аккредитованных лабораториях Ульяновского ГАУ и «САС «Ульяновская» по соответствующим ГОСТам. Экономическую оценку применения диатомита в технологии возделывания кукурузы проводили по системе натуральных и стоимостных показателей для производственных условий сельскохозяйственных предприятий Ульяновской области.

Результаты и их обсуждение. Высокая урожайность кукурузы, прежде всего, является результатом высокой продуктивности отдельного растения. Так, одно растение кукурузы производит примерно в 60-70 раз больше сухой массы, чем растение пшеницы. Однако это возможно при достаточном снабжении растений питательным веществом. Достаточно сказать, что на создание 1 т зерна и соответствующего количества листо-стеблевой массы кукуруза потребляет в среднем 24-30 кг азота, 10-12 кг фосфора и 25-30 кг калия. При урожайности 50-60 т/га зеленой массы из почвы поглощается около 150-180 кг азота (N), 60-70 кг фосфора (P₂O₅) и 160-190 кг калия (K₂O). Поэтому крайне важно в любых почвенно-климатических условиях наличие достаточного количества в пахотном слое почвы доступных растениям элементов питания.

В таблице 2 представлено содержание минеральных форм азота (N-NH₄ и N-NO₃) в пахотном слое почвы под посевами кукурузы в зависимости от внесения диатомита.

Таблица 2 — Динамика содержания минерального азота в почве в течение вегетации кукурузы (в числителе N-NH₄, в знаменателе N-NO₃), мг/кг

Вариант	Фазы развития растений			Среднее за вегетацию
	всходы	цветение початков	молочная спелость	
Контроль	6,64/6,14	8,11/4,50	4,24/3,13	6,33/4,59
Диатомит карьерный, 3 т/га	6,81/8,26	8,21/16,30	4,19/3,27	6,47/9,28
Диатомит модифицированный, 0,5 т/га	6,86/8,29	8,25/18,10	4,41/3,28	6,51/9,89
НСП ₀₅	0,11/0,16	0,12/0,14	0,13/0,11	

Как следует из приведенных данных, уже на стадии всходов при внесении в почву диатомита наблюдали превышение минерального азота в пахотном слое почвы на 2,29 и 2,37 мг/кг, или на 18-19 %. Максимальное значение данные показатели приобрели в фазу цветения початков и превышали контрольный вариант на 11,90 и 13,74 мг/кг почвы, что почти в два раза выше контрольного варианта. Последнему способствовали как благоприятные температурные условия, способствующие усилению процессов нитрификации, так и положительное влияние диатомита на деятельность почвенных микроорганизмов [2,3,4]. В фазу молочной спелости зерна кукурузы отмечали значительное уменьшение содержания соединений азота в пахотном слое, особенно нитратного. Последнее с одной стороны обусловлено снижением процессов нитрификации, обусловленных недостаточным увлажнением почвы, с другой — усиленным потреблением элемента на формирование урожайности культуры. Теме не менее, на вариантах с применением диатомита уровень доступных соединений азота было выше на 0,28-0,30 мг/кг почвы.

Динамика содержания доступных соединений фосфора и калия в почве приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание подвижного фосфора (числитель) и обменного калия (знаменатель) в 0-30 см слое почвы под посевами кукурузы, мг/кг

Вариант	Фазы развития растений			Среднее за вегетацию
	всходы	цветение початков	молочная спелость	
Контроль	160/50	167/55	162/48	163/51
Диатомит карьерный, 3 т/га	170/85	162/90	169/81	167/85
Диатомит модифицированный, 0,5 т/га	177/80	165/85	171/73	171/79
НСР ₀₅	7/8	3/11	5/8	5/9

Изменение содержания доступного фосфора при внесении в почву диатомита с высоким содержанием аморфного кремния служит ярким подтверждением способности кремниевых соединений переводить труднорастворимые фосфаты в доступные формы [5,6,7]. Уже в самом начале вегетации на экспериментальных вариантах с заделкой диатомита до посева кукурузы наблюдали увеличение подвижного фосфора по сравнению с контрольным вариантом на 10 и 17 мг/кг. В целом в течение всего вегетационного периода на экспериментальных вариантах поддерживался более высокий уровень питания растений фосфором. Аналогичную закономерность наблюдали в содержании обменного калия: превышение его относительно контрольного варианта в среднем составило 34 и 24 мг/кг. Последнее, несомненно, обусловлено содержанием в диатомите обменного калия более 2 %. Кроме того, усиление деятельности микробиоты при взаимодействии почвы с высококремнистыми породами также способствует увеличению доступным растениям элементов в почвенном растворе [3].

Результаты исследований по изучению влияния на урожайность и качество зеленой массы кукурузы представлены в таблице 4.

Приведенные данные убедительно доказывают, что положительно влияя на свойства почвы, диатомит способствует значительному повышению урожайности зеленой массы (початки, листья, стебли) кукурузы: она повысилась на 5,73 и 6,60 т/га, или на 17 и 19 %. При этом следует отметить, что, судя по значению НСР₀₅, достоверной разницы в урожайности при использовании карьерного и модифицированного диатомита нет.

Таблица 4 - Урожайность и качество зеленой массы кукурузы в зависимости от применения в системе удобрения диатомита

Вариант	Содержание в сухом веществе, %			Урожайность, т/га
	сырая клетчатка	сырой протеин	крахмал	
Контроль	20	8,1	31	34,50
Диатомит карьерный, 3 т/га	19	8,5	34	41,10
Диатомит модифицированный, 0,5 т/га	20	8,6	32	40,23
НСР ₀₅	2	0,3	2	0,94

Зеленая масса кукурузы как при применении в натуральном, так и консервированном виде (силос) является высокоценным углеводистым кормом для КРС. В структуре зимних объемистых кормов кукурузный силос занимает около 44 %. Следовательно, крайне важно качество закладываемой зеленой массы, которая зависит от структуры урожая (початки, листья, стебли). Анализ структуры урожая зеленой массы показал, что на экспериментальных вариантах содержание початков было выше на 1-3 %. При этом (как следует из таблицы 4) при применении в системе удобрения кукурузы содержание сырого протеина в зеленой массе повысилось на 0,4 и 0,5 %. Следовательно, использование диатомита в качестве удобрения позволяет повысить не только ее урожайность, но и качество получаемой продукции.

Для использования в сельскохозяйственном производстве того или иного агроприема, тем более минеральных удобрений, стоимость которых растет чуть ли не в геометрической прогрессии, а также местных ресурсов, при применении которых в достаточно высоких дозах (в наших опытах диатомит 3 т/га), необходимо определить, насколько он экономически эффективен. Расчеты экономической эффективности применения диатомита в качестве удобрения кукурузы на зеленую массу показали, что наиболее целесообразно использовать его без предварительной подготовки высушиванием и гранулированием в дозе 3 т/га (рисунок 1). Несмотря на достаточно высокую дозу (3 т/га), соответственно, на более высокие расходы на транспортировку и внесение, применение его в качестве удобрения кукурузы позволяет получить более высокий доход с меньшей себестоимостью продукции.

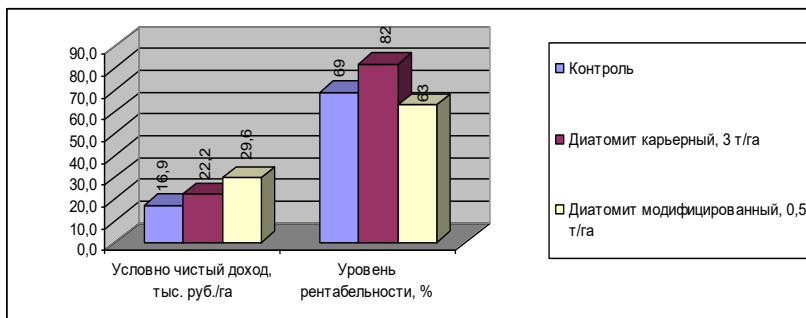


Рисунок 1 - Экономическая эффективность возделывания кукурузы на зеленую массу с использованием в системе удобрения диатомита Шарловского месторождения

Следовательно, применение карьерного диатомита без предварительной подготовки более рентабельно и целесообразно.

Заключение. Внесение диатомита Шарловского месторождения Ульяновской области как карьерного, так и модифицированного способствовало улучшению питательного режима почвы на протяжении всего вегетационного периода кукурузы. При этом содержание в пахотном слое минерального азота в среднем за вегетацию увеличивалось на 5,4-6,3 мг/кг почвы (на 53-59 %). Содержание доступного фосфора увеличивалось на 4-8 мг/кг, обменного калия на 28-34 мг/кг почвы.

Применение диатомита в системе удобрения кукурузы способствовало повышению урожайности зеленой массы на 17-19 % с улучшением ее качества: содержание сырого протеина повысилось на 0,5-0,6 %. Экономически более эффективно применение карьерного диатомита без предварительной модификации (высушивание и дробление) в дозе 3 т/га. Условно чистый доход с одного гектара при этом превышает контроль на 5258 рублей, с рентабельностью производства 82 % (на контроле 69 %).

Библиографический список

1. Дистанов, У.Г. Минеральное сырье. Опал-кристаллитовые породы: справочник / У.Г. Дистанов // М.: Ионформарк, - 1998.-27 с.
2. Ермолаев, А.А. Кремний и устойчивость земледелия / А.А. Ермолаев // Воронеж, 1992, -266 с.
3. Куликова, А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур / А.Х. Куликова // Ульяновск 2013. - 176 с.

4. Козлов, А.В. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агросистемах / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, Е.А. Яшин // Вестник Мининского университета, - 2015. - №2 (10). - С. 23-34.

5. Olivera, M.G. Silica and phosphorus reciprocal adsorption and desorption in two latosols from the Friangilo Mineiro area Brasil / Olivera M.G., Brada I.M., Jeles F.F. // Revista Ceres, - 1986. - V. 33. - № 189. - P. 441-448.

6. Orelly, S.E., Sims J.T. Phosphorus adsorption and desorption in a sandy soil amended with high rates of coal fly ash / S.E. Orelly, J.T. Sims // Com. Soil Sci. Plant Anal, - 1995. - V. 26. - №17-18. - P. 2983-2993.

7. Бочарникова, Е.А. Влияние диатомита на подвижность и доступность растениям фосфора / Е.А. Бочарникова // Материалы национальной научно-практической конференции: кремний и жизнь. Кремнистые породы в сельском хозяйстве. Ульяновск. - 2021. - С. 20-25.

THE EFFECTIVENESS OF THE SHARROVSKY DEPOSIT DIATOMITE AS A FERTILIZER FOR AGRICULTURAL CROPS

Yashin E.A., Kulikova A.Kh., Volkova E.S.

Keywords: soil nutrient regime, diatomite, sunflower, yield and product quality.

The paper presents the results of studying the effectiveness of diatomite, a highly siliceous rock, as a fertilizer for agricultural crops (using the example of corn for silage). An improvement in plant nutrition with basic elements (NPK) and an increase in the yield of green mass of corn by 17-19% with an improvement in product quality has been established. The work is carried out within the framework of the task of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation "Development of a complex organomineral fertilizer based on local sources of mineral nutrition of plants, industrial and agricultural waste of prolonged action".