

УДК 633.34:631.893

## УДОБРЕНИЕ СОИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕОЛИТА И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ

**Захаров Н.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**  
**Куликова А. Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор**  
**Хайртдинова Н.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**  
**Пятова А.А., аспирант**  
**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

**Ключевые слова:** соя, удобрение на основе цеолита, урожайность и качество продукции.

В работе приведены результаты изучения эффективности цеолита – высококремнистой породы – в качестве удобрения сои, а также применение органоминерального удобрения на его основе, полученного обогащением породы аминокислотами. Установлено благоприятное влияние как цеолита, так и удобрения на его основе на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность семян сои. Работа выполняется в рамках выполнения задания МСХ РФ по теме «Разработка системы удобрения сои, в том числе с использованием органоминеральных удобрений на основе высококремнистых пород Среднего Поволжья».

**Введение.** Соя (*Glycine max*) – чрезвычайно востребованная в настоящее время культура в связи с её уникальными свойствами и имеющая широкий спектр применения: в пищевой, технической отраслях, животноводстве. Она богата легкоусвояемыми белками (до 35-45%), жирами (17-27%), углеводами (20-25%), минеральными солями (5-6%). В соевых бобах присутствует целый комплекс витаминов (А, В, С, D, Е, К). Не удивительно, что в последние десятилетия во всем мире стремительно растут площади посевов сои, которые в 2020 году составили более 122 млн. га со средней урожайностью 2,80 т/га. Россия в этом отношении не исключение – посевы сои в 2019 году составили 3,08 млн. га с урожайностью 1,57 т/га [1]. Последняя (урожайность) в нашей стране почти в 2 раза ниже среднемировой, что обуславливает необходимость совершенствовать технологию её возделывания, основу которой при прочих равных условиях составляет система удобрения.

Однако удобрение сои имеют свои особенности в связи способностью, как бобовой культуры, усваивать молекулярный азот атмосферы. При этом большинство исследователей считает, что нет необходимости при

возделывании сои применять азотные удобрения [2, 3, 4]. В научной литературе имеются и другие сведения, показывающие необходимость сочетания биологического азота с техническим, особенно на почвах, бедных данным элементом [5, 6]. В связи с этим возрастает необходимость разработки эффективной системы удобрения этой уникальной культуры. В этом отношении представляют большой интерес широко предлагаемые в последнее время высококремнистые породы (цеолиты, диатомиты, трепелы и др.) в качестве почвенных мелиорантов и кремниевого удобрения, в том числе как основа для создания агрономически высокоэффективных, экологически безопасных и экономически эффективных удобрений сельскохозяйственных культур нового поколения [7, 8].

Вышеизложенное определило цель наших исследования – изучить эффективность цеолита и органоминерального удобрения на его основе внедрением в него аминокислот в технологии возделывания сои.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись:

– соя сорта УГСХИ – 6. Выведен в Ульяновском ГСХА Дырда Я. Ф. Вегетационный период на уровне раннеспелых стандартов (101 день), средняя урожайность семян 1,8-2,0 т/га (по данным Чердаклинского ГАУ в 1992-2009 гг.);

– цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области. Средний химический состав: SiO<sub>2</sub> общ. – 56,60%, SiO<sub>2</sub> аморф. – 26,71%, CaO – 19,31%, MgO – 1,90%, K<sub>2</sub>O – 1,25%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,23%, SO<sub>3</sub> – 0,23%.

– почва чернозем выщелоченный среднесуглинистый, среднеспелый, агрохимическая характеристика его: содержание гумуса 4,7 %, подвижного фосфора 181 мг/кг (по Чирикову), обменного калия 148 мг/кг (по Чирикову), реакция почвенного раствора 6,42 единиц рН<sub>KCl</sub>.

Схема опыта включала 14 вариантов, в настоящем сообщении приводим результаты по 6-и из них:

1. Контроль (без удобрений);
2. Цеолит, 250 кг/га;
3. Цеолит, 500 кг/га;
4. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га;
5. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га;
6. N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> (NPK).

**Результаты и их обсуждение.** Изучение возможности применение цеолита и удобрений на его основе при возделывании сои представляет большой интерес в связи с её уникальной способностью усваивать азот атмосферы. Эффективность высококремнистых пород в формировании

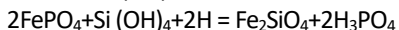
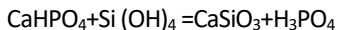
урожайности культур, как указывалось выше, доказана. Однако данные породы не содержат азот, который часто становится фактором, ограничивающим высоту урожая. Учитывая, что соя сама способна удовлетворять свои потребности в данном элементе за счет азотфиксации, следует ожидать достаточно высокую эффективность цеолита в системе удобрения сои. Однако необходимо учитывать и то, что потребности культуры в азоте высокие, достаточно сказать, что 1 центнер сои с семенами выносит из почвы 5,8 кг с 1 гектара азота. В связи с этим, тем большую актуальность приобретает изучение влияния высококремнистых пород (в данном случае цеолита) на питательный режим почвы (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние цеолита и органоминерального удобрения на его основе на агрохимические показатели почвы**

Вариант	рН <sub>КСЛ</sub> , един.	мг/кг		
		(N – NO <sub>3</sub> ) + (N – NH <sub>4</sub> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	6,52	6,04	181	148
Цеолит, 250 кг/га	6,58	6,07	185	152
Цеолит, 500 кг/га	6,63	6,22	190	164
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га	6,58	6,30	184	167
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	6,60	6,78	195	176
NPK	6,45	7,17	208	181
НСП <sub>05</sub>	0,13	0,16	10	11

Результаты исследования, приведенные в таблице, показывают несомненное положительное влияние цеолита при применении как в чистом виде, так в составе органоминерального удобрения на его основе на питательный режим почвы. Достоверно повышение содержание минерального азота в пахотном слое почвы на 0,18 мг/кг при внесении цеолита в дозе 500 кг/га, при использовании обогащенного аминокислотами цеолита в данной дозе превышение составляет 0,74 кг/га (на 12%). Аминокислоты имеют размер молекул менее 10 ангстрем и легко проникают в поры цеолита и также легко высвобождаются при внесении удобрения в почву. С одной стороны, таким образом, аминокислоты обогащают почву легкодоступным азотом, с другой – активизируют деятельность микроорганизмов, способствующих разложению органического вещества и, соответственно, трансформации элемента из органического в неорганическую форму, доступную растениям (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

При внесении в почву цеолита и удобрения на его основе существенно улучшалась обеспеченность её доступными растениям фосфором и калием: на 3-14 мг/кг  $P_2O_5$  и на 4-28 мг/кг почвы  $K_2O$ . Последнее подтверждает роль кремниевых соединений в повышении доступности данных элементов: силикат-ионы способны вытеснить фосфат-ионы из малорастворимых фосфатов с образованием соответствующих силикатов [9,10] по схеме:



Значительное улучшение калийного режима почвы обусловлено с достаточным содержанием элемента в самой породе.

Следует особо отметить изменение реакции почвенного раствора ( $pH_{KCl}$ ) пахотного слоя почвы при внесении в неё цеолита: появилась достоверная тенденция к нейтрализации почвенной кислотности: при этом сдвиг кислотности в сторону её улучшения составлял от 0,06 до 0,11 единиц  $pH_{KCl}$ . Учитывая, что доза цеолита и удобрения на его основе невысокая (до 500 кг/га), следует признать несомненную способность цеолита нейтрализовать кислотность почвы. В наших предыдущих исследованиях установлено, что при более высоких дозах цеолита (6-12 т/га) снижение обменной кислотности на дерново-подзолистых почвах в среднем за 3 года может достичь 1,11 ед.  $pH_{KCl}$  [11]. При внесении в почву минеральных удобрений наблюдали тенденцию к подкислению почвенной среды.

Существенное улучшение питательного режима почвы, в том числе реакции почвенной среды (соя требовательная к кислотности культура), закономерно сказалось на формировании её урожайности (таблица 2).

Из данных таблицы следует, что применение цеолита в чистом виде способствовало повышению урожайности сои на 0,26-0,37 т/га, или на 14-18%. Обогащение его аминокислотами сопровождалось увеличением урожайности семян на 0,44-0,54 т/га (24-30%). В этом отношении по влиянию на урожайность этой ценной бобовой культуры органоминеральное удобрение на основе цеолита обогащением его аминокислотами почти не уступало минеральным удобрениям в дозе  $N_{40}P_{40}K_{40}$ .

**Таблица 2 – Урожайность сои в зависимости от применения удобрений (2021г.)**

Вариант	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
Контроль	1,82	-	-
Цеолит, 250 кг/га	2,08	0,26	14
Цеолит, 500 кг/га	2,19	0,37	18
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га	2,26	0,44	24
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	2,36	0,54	30
НPK	2,47	0,65	36
НCP <sub>05</sub>	0,17		

**Заключение.**

1. Цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области и органоминеральное удобрение на его основе оказали существенное благоприятное влияние на агрохимические показатели чернозема выщелоченного: содержание в пахотном слое минерального азота ( $N - NO_3 + N - NH_4$ ) в среднем за вегетацию сои увеличилось на 0,18-0,74 мг/кг, доступных растениям фосфоре ( $P_2O_5$ ) на 3-14 мг/кг, калия ( $K_2O$ ) на 4-28 мг/кг почвы. Улучшалась реакция почвенного раствора на 0,06-0,11 единиц  $pH_{КС}$ .

2. Улучшение питательного режима и, в целом, почвенной среды сопровождалось значительным повышением урожайности семян сои на 0,26-0,54 т/га (14-30%). При этом по эффективности вариант с применением органоминерального удобрения на основе цеолита, практически не уступал варианту азотно-фосфорно-калийных удобрений.

**Библиографический список**

1. Росстат. Прогноз развития рынка сои в сезоне 2020/21: Россия и мир. 19 июня 2020.
2. Посыпанов Г.С. Биологический азот. Проблемы экологии растительного белка / Г.С. Посыпанов. - М., - 1996. - 278с.
3. Трепачев Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современной земледелии. - М., - 1999. - 532с.
4. Моисеев А.А. Симбиотический азот и продуктивность земледелия в условиях южной лесостепи / А.А. Моисеев, Ш.И. Ахметов.

- Саранск, - 2008. - 212с.

5. Гукова М.М. Особенности питания бобовых растений свободным и связанным азотом: автореф. дис. доктора биол. наук. / М.М. Гукова. - М., - 1974. - 36с.

6. Еряшев А.П. Приемы возделывания и продуктивность козляткина восточного в условиях юга лесостепи Нечерноземной зоны России / А.П. Еряшев. - Саранск, - 2012. - 148с.

7. Куликова А.Х. Цеолиты как кремниевое удобрение сельскохозяйственных культур / А.Х. Куликова // Кремний и кремнистые породы в системе удобрений сельскохозяйственных культур. - Ульяновск, - 2021. - С. 75-82.

8. Куликова А.Х. Кремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур: монография / А.Х. Куликова, А.В. Карпов, Е.А.Яшин. - Ульяновск, - 2020. - 176с.

9. Бочарникова Е.А. Влияние диатомита на подвижность и доступность растением фосфора / Е.А. Бочарникова // Кремний и кремнистые породы в системе удобрений сельскохозяйственных культур. - Ульяновск, - 2021. - С. 20-25.

10. Матыченков В.В. Роль кремния в организмах и почвах / В.В. Матыченков // Кремний и кремнистые породы в системе удобрений сельскохозяйственных культур. - Ульяновск, - 2021. - С. 83-91.

11. Козлов А.В. Стабилизация почвенно-поглощающего комплекса дерново-подзолистой почвы под действием цеолитной породы / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, Р.И. Румянцев // Экологический вестник Северного Кавказа, - 2019. - Т.16. - №1. - С. 15-20.

**SOYBEAN FERTILIZER USING ZEOLITE AND ORGANOMINERAL FERTILIZER  
BASED ON IT**

**Zakharov N.G., Kulikova A. H., Khairtdinova N.A., Pyatova A.A.**

**Keywords:** *soy, zeolite-based fertilizer, yield and product quality.*

*The paper presents the results of studying the effectiveness of zeolite – a highly siliceous rock – as a soybean fertilizer, as well as the use of organomineral fertilizer based on it, obtained by enriching the rock with amino acids. The beneficial effect of both zeolite and fertilizers based on it on the nutrient regime of leached chernozem and the yield of soybean seeds has been established. The work is carried out within the framework of the task of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic "Development of a soybean fertilizer system, including using organomineral fertilizers based on high-siliceous rocks of the Middle Volga region".*