



Данная работа проводилась в соответствии с Соглашением о сотрудничестве между Обществом с ограниченной ответственностью «БиоРесурс», Министерством агропромышленного комплекса и развития сельских территорий Ульяновской области, Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» под руководством доктора наук, профессора, заведующего кафедрой почвоведения и агрохимии УГАУ Куликовой Алевтины Христофоровной.

Производство экологически безопасных и экономически эффективных удобрений сельскохозяйственных культур нового поколения на основе высококремнистых пород (цеолита).

Современные тенденции развития сельского хозяйства (повышение цен на минеральные удобрения, необходимость восстановления почвенного плодородия, поиск альтернативы ядохимикатам), обуславливают необходимость создания новых видов удобрений, действующим веществом которых является активный кремний.

Высококремнистые породы обладают уникальными каталитическими, ионообменными и сорбционными свойствами. В частности цеолиты, представляют из себя водные алюмосиликаты кальция, натрия, калия, бария и некоторых других элементов. Кремнекислородные и алюмокислородные тетраэдры цеолитов, обладающие общими ионами кислорода, слагают трехмерную решетку, образующую каркасную структуру — систему микрополостей, соединенных между собой достаточно широкими каналами. Молекулы воды в каналах координируются с катионами. В каналах находится и цеолитная вода, которую минерал способен отдавать, не изменяя структуры. Благодаря системе каналов и полостей, которые пронизывают кристаллы, цеолит обладает хорошо развитой внутренней поверхностью, доступной для адсорбируемых молекул.

Каркасы цеолитов похожи на пчелиные соты и образованы из цепочек анионитов кремния и алюминия. Из-за своего строения каркас имеет отрицательный заряд и этот заряд компенсируется катионами щелочных или щелочноземельных металлов, находящихся в полостях-сотах. Тип цеолита определяется соотношением кремния и алюминия и типом катионов.

Цеолиты способны оказывать положительное влияние на физико-химические и агрохимические свойства почвы, оптимизируя их структурное состояние и кислотно-основной режим, а также фосфорное и кремниевое питание культурных растений, что в итоге продуктивно сказывается на их урожайности и качестве получаемой продукции. Кроме того, ряд таких материалов способен проявлять сорбционные свойства в отношении многих токсикантов (тяжелые металлы, остаточные количества пестицидов и др.), тем самым способствуя получению экологически безопасной продукции растениеводства. Что касается **цеолитов**, они в полной мере обладают соответствующими свойствами. Более того, проблема использования цеолитсодержащего минерального сырья имеет общемировое значение, поскольку они относятся к одной из групп биологически активного и экологически безопасного сырья, широко распространенного в природе.

Почти 20-летние исследования, проведенные в Ульяновском ГАУ имени П.А. Столыпина, показали, что кремнистые породы (диатомиты, цеолиты), являясь сорбентами с высокими сорбционными, каталитическими и ионообменными свойствами, оказывают длительное положительное действие на систему «почва-растение» и способствуют получению

экологически более безопасной продукции высокого качества всех экспериментальных культур, как зерновых, овощных, так и пропашных. Совместное их применение с органическими (птичьим пометом, соломой), минеральными (мочевинной, суперфосфатом, хлористым калием) и органоминеральными (осадками сточных вод) удобрениями значительно повышало эффективность высококремнистых пород. Последнее является основой для создания новых видов биомодифицированных удобрений, более эффективных и – что очень важно – более экономичных. Исследования, проведенные нами в 2016 – 2018 гг., показали перспективность производства удобрений на основе кремнистых пород. Так, урожайность зерна кукурузы при применении цеолита дозой 500 кг/га составила 6,94 т/га, совмещении его с азотом в дозе 60 кг д.в./га 8,03 т/га, тогда как на фоне полного минерального удобрения (N60P60K60) – 7,82 т/га.

В 2019 году нами впервые получены экспериментальные образцы новых удобрений модификацией цеолита аминокислотами и карбамидом в лабораторных условиях и испытаны при возделывании проса на опытном поле Ульяновского государственного аграрного университета.

Ниже приводятся результаты данных исследований. Схема полевого опыта состояла из 4-х вариантов:

1. Контроль. 2. Цеолит в чистом виде 500 кг/га. 3. Удобрение на основе цеолита, обогащенного аминокислотами 500 кг/га. 4. Удобрение на основе цеолита, обогащенного карбамидом 500 кг/га. Карбамид из расчета 40 кг азота на 1 га.

Площадь учетной делянки 20 м², размещение их рандомизированное (случайное), повторность опыта 4-х кратная.

Почва опытного поля чернозем типичный с содержанием гумуса 4,7 %, подвижных (доступных) фосфора и калия 185 и 196 мг/кг (обеспеченность данными элементами высокая и очень высокая), рН_{KCl} (реакция почвенного раствора) 6,9 единиц.

Доза 500 кг/га удобрения принята, исходя из предыдущих исследований по применению высококремнистых пород в Ульяновском ГАУ. В таблице 1 представлены данные по урожайности зерна проса по вариантам опыта (2019 г.)

Таблица 1 – Влияние удобрений на урожайность зерна проса

№ п/п	Вариант	Урожайность т/га	Отклонение от контроля, +-	
			т/га	%
1	Контроль без удобрений	2,54	-	-
2	Цеолит 500 кг/га	2,87	+0,33	13
3	Цеолит, модифицированный аминокислотами 500 кг/га	3,71	+1,17	46
4	Цеолит, модифицированный карбамидом 500 кг/га	3,32	+0,78	31
НСР ₀₅		0,17		

Результаты экспериментов, приведенные в таблице 1, показали очень высокую эффективность модифицированного, прежде всего, аминокислотами цеолита: урожайность зерна проса увеличилась более чем на 1 тонну с одного гектара и прибавка ее составила 46 %. Цеолит, модифицированный карбамидом, несколько уступает. Тем не менее, прибавка урожайности зерна значительна и составила 0,78 т/га (31 %). Применение цеолита в чистом виде обеспечило повышение урожайности проса на 0,33 т/га, следовательно, доля самого цеолита в формировании урожайности данной культуры составляет не менее 13 %.

Положительное влияние высококремнистых пород, в данном случае цеолита, обусловлено многосторонним положительным воздействием его на почвенную среду и, в

целом, на систему «почва-растение». Ниже приведены основные агрохимические показатели почвы над посевами проса в опытах (таблица 2).

Таблица 2 – Агрохимические показатели пахотного слоя (0-30 см) чернозема типичного под посевами проса (средние за вегетационный период)

№ п/п	Вариант	рН _{KCL}	мг/кг		
			N-NH ₄ +N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль (без удобрений)	5,4	8,21	152	166
2	Цеолит 500 кг/га	5,7	8,43	156	169
3	Цеолит, модифицированный аминокислотами, 500 кг/га	5,8	9,69	160	167
4	Цеолит, модифицированный карбамидом, 500 кг/га	5,6	10,24	156	168
НСР ₀₅		0,1	0,15	5	7

В процессе вегетации просо нуждается в разном качестве питательных веществ: до фазы кущения культура употребляет минимальное их количество, в период стеблевания, выметывания метелок и цветения растениям необходимо наибольшее количество питательных веществ, кроме фосфора, максимальное потребление которого падает на налив зерна.

Приведенные ниже таблицы (3,4,5) показывают, что, несмотря на усиленное потребление элементов на формирование урожайности, цеолит, как в чистом виде, так и модифицированный обеспечивает более высокий уровень питательного режима, особенно азотом и фосфором.

Таблица 3 - Динамика содержания нитратного азота (N-NO₃) в 0-30 см слое почвы под посевами проса, мг/кг почвы (2019 г.)

Вариант	Фазы вегетации растений проса		
	всходы	выметывание метелки	полная спелость
Контроль (без удобрений)	6,11	4,14	3,21
Цеолит 500 кг/га	6,24	6,13	3,28
Цеолит, обогащённый аминокислотами, 500 кг/га	6,51	7,14	4,13
Цеолит + мочевина (N ₄₀) 500 кг/га	7,07	6,25	4,03
НСР ₀₅	0,62	0,29	0,14

Таблица 4 - Динамика содержания подвижного фосфора (P₂O₅) в 0-30 см слое почвы под посевами проса, мг/кг почвы (2019 г.)

Вариант	Фазы вегетации растений проса		
	всходы	выметывание метелки	полная спелость
Контроль (без удобрений)	154	149	153
Цеолит 500 кг/га	158	157	154
Цеолит, обогащённый аминокислотами, 500 кг/га	152	161	166
Цеолит + мочевина (N ₄₀) 500 кг/га	151	154	162
НСР ₀₅	6	5	5

Таблица 5 - Динамика содержания обменного калия (K₂O) в 0-30 см слое почвы под посевами проса, мг/кг почвы (2019 г.)

Вариант	Фазы вегетации растений проса		
	всходы	выметывание метелки	полная спелость
Контроль (без удобрений)	175	165	158
Цеолит 500 кг/га	177	167	163
Цеолит, обогащённый аминокислотами, 500 кг/га	172	163	167
Цеолит + мочевины (N ₄₀) 500 кг/га	174	169	161
НСР ₀₅		12	6

Благоприятное влияние цеолита, особенно модифицированного аминокислотами и карбамидом, на почвенные условия произрастания растений способствует формированию более качественной экологически безопасной продукции (таблица 6). Вследствие лучшей обеспеченности элементами питания полученное зерно содержит большее количество белка, фосфора и калия (на 7,5 и 10%), очень значительно снижено накопление в зерне особо токсичных тяжелых металлов: свинца и кадмия в 2 и более раз.

Таблица 6 – Качественные показатели зерна проса в зависимости от применения удобрений

№ п/п	Вариант	%					мг/кг				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Белок	крахма л	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
1	Контроль (без удобрений)	1,51	0,59	0,41	8,61	44,37	12,1	5,1	0,22	0,012	1,19
2	Цеолит 500 кг/га	1,54	0,58	0,44	8,78	42,24	11,4	4,3	0,17	0,005	1,11
3	Цеолит, модифицированный аминокислотами 500 кг/га	1,62	0,62	0,45	9,23	40,14	11,1	4,4	0,11	0,005	1,12
4	Цеолит, модифицированный карбамидом 500 кг/га	1,57	0,61	0,44	8,95	41,33	11,5	4,6	0,12	0,009	1,09
НСР ₀₅		0,05	0,05	0,03	-	1,86	0,4	0,2	0,04	0,002	0,02
ПДК * в продукции							50	30	0,5	0,1	5,0

Таким образом, предварительно проведенные исследования по изучению эффективности модифицированного цеолита Юшанского месторождения убедительно показали перспективность их производств. Мировой опыт показывает, что удобрение сельскохозяйственных культур нового поколения на основе высококремнистых пород является инновационным фактором современного земледелия, без которого невозможно ведение высокопродуктивного, стрессоустойчивого и экологически безопасного производства растениеводческой продукции.

В ООО «Хлебороб» МО Ульяновский район и на опытном поле УлГАУ совместно с ООО «БиоРесурс» были проведены производственные испытания удобрения на основе цеолита, обогащённого аминокислотами, при возделывании подсолнечника, рапса ярового и кукурузы.

Доза удобрения составляла 250 кг/га, площадь посева культур – по 1 га. Почва полей, где выращивались данные культуры, чернозём выщелоченный среднесуглинистый. Учёт урожая комбайновый со всей площади посевов.

Урожайность и качественные показатели семян рапса, подсолнечника и кукурузы в зависимости от применения цеолита, обогащённого аминокислотами

Вариант	Урожайность, т/га	Содержание жира, %	Кислотное число	Содержание, %		
				N	P	K
Рапс						
Контроль	1,20	39,9	2,86	3,58	0,72	0,87
Цеолит, обогащённый аминокислотами, 250 кг/га	2,07	42,2	2,86	3,48	0,75	0,86
Подсолнечник						
Контроль	3,10	40,7	1,87	2,51	0,61	0,84
Цеолит, обогащённый аминокислотами, 250 кг/га	3,50	44,8	1,05	2,31	0,56	0,80
Кукуруза						
Контроль	6,59	не опр.	не опр.	1,88	0,25	0,39
Цеолит, обогащённый аминокислотами, 250 кг/га	8,79	не опр.	не опр.	2,04	0,33	0,40

Как следует из результатов производственных опытов, при применении в качестве удобрения цеолита модифицированного обогащённого аминокислотами в дозе 250 кг/га при возделывании рапса, установлена очень высокая прибавка урожайности семян на 0,87 т/га, или она повысилась на 72,5 %. Высокая эффективность обогащённого цеолита установлена при возделывании кукурузы – составила 33 % прибавки урожайности. На 13 % повысилась урожайность подсолнечника.

При этом наблюдалось достоверное улучшение качества продукции, прежде всего, повышение в семенах масличных культур содержания жира: сои - на 2,3 %, подсолнечника – на 4,1 %.

Таким образом, испытания обогащённого аминокислотами цеолита модифицированного в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в дозе 250 кг/га в реальных условиях сельскохозяйственного производства показали его высокую эффективность как с точки зрения повышения урожайности, так и качества продукции.



После посева рапса и всходов были возвратные холода, в итоге на контрольном поле пострадали всходы и погибла большая часть всходов. На опытном поле при внесении органо-минерального удобрения «ВитаБент» АГРО гибели всходов не произошло.



Кукуруза опытный образец (слева) и контрольный образец (справа)+

При сборе урожая влажность кукурузы на опытном участке на 2% ниже, чем на контрольном поле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цеолиты при внесении в почву оказывают благоприятное воздействие на свойства почвы при применении, как в чистом виде, так и обогащённого аминокислотами, а также совместно с мочевиной. При этом биологическая активность пахотного слоя чернозёма выщелоченного повысилась на 23-37 % (абсолютные значения); улучшились агрохимические показатели чернозёма типичного, в том числе уже в начале вегетации увеличивалось содержание минерального азота на 0,8-6,2 мг/кг, доступного фосфора – на 2-10 мг/кг, калия – на 5-8 мг/кг почвы. Несомненное преимущество при этом имел вариант с внесением обогащённого аминокислотами цеолита, которое сохранялось в течение всего вегетационного периода. Так, в среднем за вегетационный период содержание минеральных (доступных) форм азота ($N-NH_4 + N-NH_3$) в пахотном слое чернозёма типичного при внесении обогащённого аминокислотами цеолита превышал контрольный вариант на 1,41 мг/кг, доступных фосфора на 8 и калия – на 6 мг/кг. В том числе повысилось содержание важнейших микроэлементов: цинка на 8 %, меди – на 8 % и марганца – на 62 %. Аналогичные изменения произошли в чернозёме выщелоченном. Особо следует отметить сдвиг кислотности почвенного раствора в сторону её нейтрализации при внесении цеолита в почву: в среднем за вегетацию достоверно уменьшилась на 0,06 единиц pH_{KCl} .

Улучшение почвенной среды при применении цеолита непосредственно отразилось на работе симбиотического аппарата фотосинтетической деятельности посевов.

Применение цеолита, в том числе обогащённого аминокислотами, а также совместно с мочевиной способствовало повышению не только урожайности сельскохозяйственных культур, но и получению экологически более безопасной продукции. Так, накопление в зерне наиболее опасных элементов снижалось: свинца на 42-52 %, кадмия на 34-43 %, никеля на 28-38 %.

Производственные испытания модифицированного цеолита, обогащённого аминокислотами, подтвердили его высокую эффективность: урожайность семян ярового рапса при применении данного удобрения в дозе 250 кг/га повысилась на 0,87 т/га (72,5 %), кукурузы – на 2,2 т/га (33 %), подсолнечника – 0,4 т/га (13 %). При этом улучшалось качество продукции: в семенах содержание жира превысило контроль – у подсолнечника - на 4,1 %.

1. Мелиорант, модификатор структуры почвенного грунта, поглотитель радионуклидов и тяжелых металлов из почв. Убирает из почвы все остаточные вещества, оказывающие вред на плодородный почвенный слой.

2. Предотвращает процессы засоления почв, восстанавливает структуру пахотного слоя. В результате ионообменных процессов снижает количество солей, находящихся в почвенном слое.

3. Сохраняет влагу в почве, удерживая её длительное время и снабжая ею растения медленно и постоянно.

4. В результате применения данного удобрения прекращается вымывание из почвы необходимых растению элементов, восстанавливается и увеличивается способность земли к обмену питательных веществ для растений.

5. «ВитаБент» АГРО предотвращает заболевания корней растений, является источником микроэлементов и терморегулятором почв.

6. Повышает устойчивость растений к болезням, атакам вредителей, засухе и почвенным патогенам.

7. Удобрение содержит микроэлементы: кремний аморфный (ионообменный), калий, кальций, натрий, магний, бор, цинк, медь, молибден, марганец, кобальт и др. в доступных растению форме. Известно, что эти микроэлементы повышают засухо- и холодоустойчивость

растений, устойчивость их к грибковым заболеваниям, активизируют обмен веществ, повышают белковость зерновых и зернобобовых культур, сахаристость плодов и ягод и т.д.

8. Запускает процессы жизнедеятельности почвы.
9. Увеличивает содержание гумуса в почве.
10. Разрыхляет тяжелую почву (глину, суглинок), насыщает ее кислородом.
11. Формирует плодородный слой на проблемных почвах: песчаных, глинистых, истощенных, засоленных.
12. Нейтрализует действие в почве накопленных нитратов, болезнетворных бактерий, грибов и вредных микроорганизмов.

Website: www.bioresource.org

E-mail: bioresource73@bk.ru

Phone: +7(8422) 40-39-77

WhatsApp: +7 (996)953-32-15