

ЦЕОЛИТЫ И УДОБРЕНИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ В ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

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

Захаров Николай Григорьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Хайртдинова Наталья Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 432017, Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1. Тел.: 8(8422)55-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru

Ключевые слова: цеолит и удобрения на его основе, соя, урожайность и качество продукции.

Экспериментальные полевые исследования проведены на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2018-2020 гг. Схема опыта в 2019 году (заложен в 2018 г.) состояла из 4-х вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2. Цеолит в чистом виде, 500 кг/га; 3. Удобрение органоминеральное, полученное обогащением цеолитов аминокислотами, 500 кг/га; 4. Цеолит 500 кг/га + N₄₀ (карбамид из расчета 40 кг азота на 1 га). В 2020 году опыт дополнен четырьмя вариантами с целью выявления более оптимальных доз внесения удобрений (цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га; цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га; цеолит, обогащенный карбамидом, 250 кг/га; цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га). Эксперименты проводили в 3-х кратной повторности с рендомизированным размещением делянок. В опыте изучали влияние цеолита Юшанского месторождения Ульяновской области и удобрений на его основе обогащением его аминокислотами и карбамидом на общую биологическую активность чернозема выщелоченного, на его агрохимические показатели, фотосинтетическую деятельность посевов сои, урожайность и качество семян. Установили сильное влияние экспериментальных удобрений на биологическую активность почвы, улучшение питательного режима, а также нейтрализующую кислотность почвы способность цеолита. Улучшение почвенной среды при применении в качестве удобрения цеолита, обогащенного аминокислотами и карбамидом, способствовало повышению урожайности сои на 6-14 % и на 12-31 %, улучшением качества продукции. С увеличением дозы удобрений урожайность семян сои повышалась, но не пропорционально ей.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
и Ульяновской области в рамках научного проекта № 19 – 416 -730002.**

The reported study was funded by RFBR and Ulyanovsk regio, project number 19 – 416 -730002

Введение

В последние годы стремительно растет интерес к органическому (биологическому) земледелию, обязательным компонентом которого является возделывание бобовых культур, способных в симбиозе с клубеньковыми бактериями усваивать атмосферный азот. «Биологический» азот – единственно экологически чистый, экономичный способ питания растений данным элементом, тогда как при производстве азотных удобрений и применении их затрачивается наибольшее количество энергии. Кроме того, применение азотных удобрений чревато негативными последствиями: значительное их количество попадает в водоемы и атмосферу, ухудшая биологический и химический состав водной среды, разрушая «озоновый экран» планеты, участвуя в создании «парникового эффекта» [1], не считая получения загрязненной нитратами продукции.

Из бобовых зерновых культур соя является одной из самых востребованных, что обусловлено ее биологическими особенностями. Она содержит сбалансированного по аминокислотам полноценного белка до 40 % и более, до 25 % жира и около 20 % углеводов. Богатое содержание питательных веществ позволяет широко использовать ее как в пищевых, кормовых, так и технических целях. Неудивительно поэтому, что посевные площади ее ежегодно увеличиваются как в мире, так и в нашей стране. Так, в России в 2018 году по отношению к 2017-му площади посевов сои увеличились на 10,7 %, за 5 лет – на 90,0 %. Если же считать за 20 лет (с 2001 года) – на 2502,5 тыс. га (61 %) [2]. Однако средняя урожайность сои достаточно невысокая и колеблется в зависимости от условий выращивания по стране от 0,8 до 2,78 т/га.

В формировании урожайности любой

культуры на 2-м месте после климатических условий находится питание растений. Соя как бобовая культура имеет свои особенности в потреблении элементов питания. Больше всего соя нуждается в азоте, однако благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями способна полностью обеспечить свою потребность в этом элементе, следовательно, очень важно создавать оптимальные условия для развития клубеньковых бактерий. Это, прежде всего, касается физических условий пахотного слоя (оптимальное структурное состояние и водный режим), питательного режима (содержание фосфора, калия, кремния и микроэлементов) и реакции среды ($pH_{\text{кCl}}$ 6,5-7,0 единиц). И также важно обеспечить растения всеми факторами жизни в оптимальном количестве в течение всей вегетации культуры. Как показано в последние годы, эффективно в этом отношении использование в системе удобрения культур кремнистых пород с высоким содержанием кремния, в том числе аморфного (доступного). К последним относятся чрезвычайно широко распространенные в природе цеолиты – большая группа близких по составу алюмосиликатов различной степени гидратированности гидротермального и осадочного происхождения [3].

Две уникальные особенности отличают высококремнистые породы вообще и, в частности, цеолиты.

Во-первых, им свойственно высокое содержание оксида кремния (для справки: в составе данных пород элементы принято представлять в оксидной форме), в том числе аморфного (доступного) до 50 % и более. Так, месторождение цеолитов, которое находится в Ульяновской области, содержит 58,11-69,39 % SiO_2 , в том числе аморфного – 31,64 %. Следует отметить, что кремний – такой же элемент питания, как азот, фосфор и калий. И не случайно, еще Ю.Либих, автор теории о минеральном питании растений, считал, что кремний относится к основным элементам питания растений [4]. К настоящему времени в многочисленных исследованиях доказано, что кремний является неотъемлемым фактором формирования урожайности сельскохозяйственных культур [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Одно то, что по общему содержанию элементов в растениях он находится на четвертом месте (после кислорода, углерода и водорода), свидетельствует о том, насколько важна роль его в физиологических процессах. Следует отметить, что в связи с безвозвратным отчуждением с урожаем культур нарастает дефицит доступного кремния,

несмотря на то, что общее содержание элемента в почвах достигает 30-35 %. Однако он находится в кристаллических решетках минералов и недоступен растениям. Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что кремнистые породы – это, прежде всего, экологически безопасное кремниевое удобрение.

Во-вторых, цеолиты обладают уникальным кристалло-структурным строением. Кристаллическая решетка их состоит из четырех-, пяти- и шестичленных колец, которые образованы кремнекислородными тетраэдрами. Между ними находятся полости разной формы и величины, соединенные между собой и окружающей средой [3]. В них находятся кальций, магний, калий, натрий и другие катионы, а также молекулы цеолитной воды, которые слабо связаны с каркасом кристаллической структуры и могут частично или полностью заполнены другими элементами. Эта уникальная особенность и отличает цеолиты и позволяет на их основе создавать удобрения с заданным соотношением элементов питания, наиболее полно отвечающим требованиям отдельных или групп культур (зерновые, пропашные, овощные, технические).

Учитывая вышеизложенное, нами совместно с научно-производственным предприятием ООО «БиоРесурс» (г. Ульяновск) впервые в России были разработаны состав и технология производства органо-минерального удобрения на основе цеолита обогащением его аминокислотами. Первые экспериментальные образцы новых удобрений (в том числе обогащением цеолита мочевиной) были изготовлены осенью 2018 года, в том же году были внесены в почву согласно схеме опыта на площади, где в 2019 году планировалось возделывание сои. В 2020 году были продолжены исследования в этом направлении, результаты которых представлены в данной статье.

Материалы и методы исследований

Экспериментальные удобрения испытывали на опытном поле Ульяновского ГАУ имени П.А.Столыпина в 2018-2020 гг.

Опыты проводили на черноземе выщелоченном среднемощном, пахотный слой которого содержит гумуса 4,7 %, подвижного фосфора 265 мг/кг (по Чирикову извлечением – 0,5 н CH_3COOH), доступного калия 180 мг/кг (определяется в том же растворе), $pH_{\text{кCl}}$ 6,4 единиц. Следовательно, обеспеченность данной почвы фосфором и калием очень высокая, достаточно низкая обеспеченность азотом (судя по содержанию гумуса). Реакция почвенного раствора

Таблица 1
Общая биологическая активность почвы
под посевами сои, %

Вариант	2019 г.	2020 г.	Средняя	Отклонение от контроля, %, ±	
				абсолютное	относительное
1	43	28	36	-	-
2	66	30	48	+12	+33
3	85	32	56	+20	+56
4	75	32	54	+16	+50
НСР ₀₅	6	5			

Таблица 2
Агрохимические показатели пахотного
слоя чернозема выщелоченного среднесугли-
нистого (сентябрь 2018 г. после внесения удо-
брений)

Вариант	Гумус, %	pH _{ккл} , единицы	мг/кг				
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Mn
1	4,70	6,40	265	180	4,8	0,87	28,4
2	4,70	6,44	280	205	4,5	0,96	27,3
3	4,62	6,40	265	165	5,2	1,04	28,3
4	4,70	6,40	260	185	5,1	0,89	28,2
НСР ₀₅	0,4	0,04	15	18	0,2	0,08	0,3

Таблица 3
Агрохимическая характеристика пахотного
слоя чернозема выщелоченного под
посевами сои (после уборки урожая, 2019 г.)

Вариант опыта	Гумус, %	pH _{ккл} , единицы	мг/кг				
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Mn
1	4,68	6,42	242	162	4,4	0,74	23,2
2	4,80	6,48	264	186	4,2	0,81	26,0
3	4,64	6,48	260	172	4,8	0,92	24,2
4	4,64	6,38	234	174	4,9	0,86	24,6
НСР ₀₅	0,14	0,03	21	16	0,3	0,4	0,4

Таблица 4
Показатели фотосинтетической деятель-
ности посевов сои, доза удобрений – 500 кг/га
(средние за 2019-2020 гг.)

Показатели	Варианты			
	1	2	3	4
Максимальная площадь листьев, тыс./м ²	38,1	40,6	46,3	48,7
ФСР, тыс. м ² /га сутки	2766	2886	3089	3165
ЧПФ, г/м ² сутки	2,9	2,9	3,4	3,6

Таблица 5

также не соответствует требованиям культуры, оптимальным для которой является pH_{ккл} в интервале 6,5-7,5 единиц.

Цеолит, который использовался как основа нового удобрения, содержал, %: SiO₂ 56,60, в том числе аморфного 26,71, количество CaO и Mg более 17, K₂O – 1,25.

Аминокислоты животного происхождения представлены ООО «Семирамида» (г. Москва), которые включают 17 аминокислот, в том числе: аспарагиновая, глутаминовая, серин, гистидин, глицин, треонин, аргинин, аланин, тирозин, цистин, валин, метионин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин, пролин.

Соя сорта УСХИ-6, созданного кандидатом сельскохозяйственных наук Я.Ф.Дырда, включен в реестр в 1996 году.

В качестве минеральных удобрений применяли азофоску (N₁₆P₁₆K₁₆) и мочевины (N₄₆).

Схема опыта в 2019 году состояла из 4-х вариантов:

1. Контроль (естественный фон, без удобрений)
2. Внесение цеолита в дозе 500 кг/га
3. Удобрение, полученное обогащением цеолита аминокислотами, в дозе 500 кг/га
4. Цеолит, 500 кг/га + N₄₀ (мочевина из расчета 40 кг азота на 1 га).

Общая площадь делянки -60 м², учетная -26 м², размещение их -рэндомизированное, повторность- 3-х кратная.

Внесение в почву экспериментальных удобрений проводили под основную обработку осенью 2018 года.

В 2020 году в схему опыта были включены дополнительно 4 варианта с целью выявления наиболее оптимальных доз удобрений: 1. Контроль, 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. Цеолит, обогащенный мочевиной, 250 кг/га, 7. Цеолит, обогащенный мочевиной, 500 кг/га, 8. N₄₀P₄₀K₄₀ (НРК).

Первые экспериментальные образцы новых удобрений были изготовлены, как уже отмечалось в 2018 году, и сразу же были заложены опыты с внесением их в почву под основную обработку почвы на участке, где планировалось возделывание сои.

Анализы почвенных и растительных образцов осуществлялись в аккредитованной лаборатории «САС» Ульяновская» (№ КА.RU.510251). Учеты и наблюдения проводили на базе испытательной лаборатории «Ульяновская ГСХА» по

общепринятым методикам. Полевые опыты проводили в строгом соответствии с методическими требованиями. Результаты исследований обрабатывали согласно методам статистической обработки данных с использованием соответствующих программ (MS Excel и Statistic-1).

Результаты исследований

Результаты исследований представлены в таблицах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Обсуждение

В таблице 1 приведены результаты изучения изменений общей биологической активности почвы в зависимости от применения при возделывании сои цеолита и экспериментальных удобрений методом аппликации, учитывающим разложение целлюлозы за определенный период вегетации культуры. Метод является наиболее доступным, позволяющим определить уровень активности почвенной биоты непосредственно в полевых условиях [12].

Биологическое состояние почвы, определяемое деятельностью почвенной микрофлоры, является одним из самых чувствительных и динамичных критериев любых изменений, происходящих в почвенной среде. При этом самая большая часть живой биомассы и самая высокая интенсивность метаболизма приходится на долю бактерий, актиномицетов, микроскопических грибов и водорослей [13, 14]. Функции их чрезвычайно многообразны, главная из них – обеспечение растений элементами питания за счет способности переводить труднорастворимые соединения элементов в более доступные. Микроорганизмы осуществляют все процессы минерализации растительных и животных остатков, а также трансформации минеральной части почвы, минеральных и органических удобрений. В связи с этим крайне важно оценить состояние жизнедеятельности микроорганизмов почвы при применении любых агротехнических приемов, направленных на регулирование питательного режима почв, особенно при использовании тех или иных удобрений.

При анализе результатов исследований, прежде всего, обращает на себя внимание резкое повышение активности почвенной биоты при применении цеолита как удобрения, особенно в 2019 году, когда сложились наиболее благоприятные погодные условия, – на 53 относительных процента. Последнее обусловлено улучшением при этом структурно-агрегатного состояния почвы, что способствовало улучшению условий деятельности микроорганизмов [8].

Урожайность сои, 2019 г.

Вариант	Урожайность, т/га	отклонение от контроля, ±	
		т/га	%
1	2,07	-	-
2	2,19	+0,12	+6
3	2,36	+0,30	+14
4	2,31	+0,24	+12
НСР ₀₅	0,28		

Таблица 6

Урожайность сои, 2020 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля, ±	
		т/га	%
1	1,47	-	-
2	1,62	+0,15	+10
3	1,67	+0,20	+14
4	1,65	+0,18	+12
5	1,76	+0,29	+20
6	1,83	+0,36	+24
7	1,93	+0,46	+31
8	2,09	+0,62	+42
НСР ₀₅	0,22		

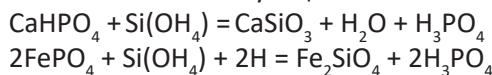
Таблица 7

Содержание белка и жира

Вариант	Белок			Жир		
	содержание, %	отклонение от контроля, %		содержание, %	отклонение от контроля, %	
		абсолютное	относительное		абсолютное	относительное
1	29,35	-	-	18,30	-	-
2	31,08	+1,73	+6	18,46	+0,16	+1
3	31,31	+1,96	+7	19,56	+1,25	+7
4	31,19	+1,83	+6	18,61	+0,31	+2
5	31,52	+2,17	+7	19,56	+1,25	+7
6	31,50	+2,15	+7	18,87	+0,57	+3
7	32,10	+2,75	+9	19,19	+0,89	+5
8	31,17	+1,81	+6	18,43	+0,13	+1
НСР ₀₅	1,71			0,77		

Жизнедеятельность почвенных микроорганизмов еще в большей степени усиливалось при использовании в качестве удобрения обогащенного аминокислотами и мочевиной цеолита. Как отмечалось выше, почва опытного поля характеризуется очень высоким и высоким содержанием доступных фосфора и калия и достаточно низким – азота. При внесении в почву обогащенного аминокислотами и мочевиной цеолита значительно улучшалась обеспеченность данным элементом не только растений, но и микроорганизмов, что вызвало очень значительное повышение их активности.

Нет сомнения в том, что повышение активности микроорганизмов способствует улучшению питания растений. При анализе результатов исследований, следует отметить, что при внесении в почву цеолита и удобрений на его основе как кремнийсодержащих материалов значительно увеличилось содержание в пахотном слое чернозема выщелоченного доступных фосфора и калия: на 15-22 и 10-25 мг/кг соответственно (табл. 2 и 3). Последнее подтверждает возможность вытеснения фосфат-аниона силикат-анионом из малорастворимых фосфатов с образованием соответствующих силикатов:



Термодинамические расчеты подтверждают возможность таких реакций [15].

При использовании кремнийсодержащих пород в технологиях возделывания культур проблемной остается азотное питание растений, особенно на почвах с невысоким содержанием гумуса, следовательно, и азота. Тем не менее, выше цитированные авторы утверждают, что при этом улучшается и азотный режим почвы через усиление микробиологической активности в связи с улучшением физических свойств почвы. Как показали наши исследования, влияние цеолита на азотный режим почвы значительно усиливается при обогащении его аминокислотами и мочевиной. Аминокислоты, имея размер молекул менее 10-и ангстрем, легко проникают в поры цеолита и также легко высвобождаются в почве, по-видимому, активизируя деятельность микроорганизмов, трансформирующих азот из органической формы в минеральные (NH_4^+ , NO_3^-). В наших исследованиях при внесении в почву обогащенного аминокислотами и мочевиной цеолита количество минеральных форм азота в пахотном слое почвы увеличилось на 1,67-2,75 мг/кг.

Необходимо также отметить изменение реакции почвенного раствора (pH_{KCl}) пахотного слоя при внесении цеолита в почву: проявилась достоверная тенденция к нейтрализации обменной кислотности: сдвиг кислотности под посевами сои в сторону ее снижения составил 0,06 единиц pH_{KCl} в 2019 г. до 0,17 единиц – в 2020 году, что обусловлено содержанием кальция и магния в цеолите (до 17 % и более).

Изучение возможности применения цеолита и удобрений на его основе в технологии возделывания сои представляет большой интерес в связи с ее способностью усваивать атмосферный азот. Как уже отмечалось выше, при

этом необходимо создавать оптимальные условия для развития клубеньковых бактерий. Это: присутствие в почвенном растворе достаточного количества макро- и микроэлементов, оптимальные условия аэрации, влажности и кислотности. Вышеприведенные в таблицах данные (2,3) свидетельствуют, что при использовании экспериментальных удобрений значительно улучшались почвенные условия развития растений, в том числе и формирования симбиотического аппарата сои.

Интегральными показателями фотосинтетической деятельности посевов бобовых культур, в том числе сои, служат: максимальная площадь листьев, фотосинтетический потенциал (ФСП) и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) (табл. 4). Чистая продуктивность фотосинтеза отражает способность растений накапливать сухое вещество за сутки в расчете на 1 м². Показатели ЧПФ посевов во многом зависят от обеспеченности растений элементами питания. Значительное улучшение почвенной среды при внесении в почву цеолита, обогащенного как аминокислотами, так и мочевиной, обеспечило улучшение всех показателей фотосинтетической деятельности посевов сои. При этом следует отметить наличие прямой положительной корреляции данных показателей с урожайностью семян сои:

$Y = 0,0243x + 1,1768 \quad R^2 = 0,85$ (от площади листьев)

$Y = 0,0007x + 0,2517 \quad R^2 = 0,88$ (от ФСП)

$Y = 0,3105x + 1,2388 \quad R^2 = 0,73$ (от ЧПФ)

Судя по результатам исследований (табл. 5, 6), применение цеолита в чистом виде в дозе 500 кг/га способствует повышению урожайности сои на 6-14 %. Однако, преимущество остается за вариантами использования обогащенного аминокислотами и мочевиной цеолита, где прибавка урожайности семян сои составила в 2019 году 0,30 и 0,24 т/га соответственно (доза 500 кг/га), в 2020 году – 0,29 и 0,46 т/га. Разница между этими двумя вариантами по значению НСР_{05} недостоверна, следовательно, влияние их на формирование урожайности данной культуры относительно одинаковое. Тем не менее, влияние цеолита, обогащенного аминокислотами, на свойства почвы, особенно на ее биологическое состояние, более благоприятное.

В схему опыта в 2020 году был введен вариант с применением минеральных удобрений в дозе по 40 кг действующего вещества азота, фосфора и калия на 1 гектар. В отношении необходимости применения азотных удобрений при

возделывании бобовых культур вопрос остается дискуссионным. Одни авторы считают, что бобовые культуры сами способны удовлетворять потребности их в данном элементе и не нуждаются в применении азотных удобрений [16, 17]. Другие исследователи рекомендуют применять небольшие дозы азотных удобрений для устранения недостатка азота в начале вегетации культур (до формирования симбиотического аппарата) [18, 19]. В наших опытах на фоне минерального удобрения сформировалась относительно более высокая урожайность сои, однако она обусловлена техническим азотом. С увеличением дозы удобрений урожайность семян сои повышалась, но не пропорционально ей.

Применение цеолита и удобрений на его основе обусловило заметное улучшение качества продукции (табл. 7): повысилось в семенах как количество белка, так и жира на 5-9 %. При этом большее влияние данные удобрения оказали на содержание в семенах белка. В этом отношении минеральные удобрения также способствовали улучшению качества продукции, однако несколько уступали цеолиту и экспериментальным удобрениям.

Заключение

1. Цеолит и удобрения, полученные обогащением его аминокислотами и мочевиной, оказывали сильное влияние на активность почвенной биоты. В связи с улучшением при этом условий почвенной среды (агрегированности и структурного состояния, водоудерживающей способности) в среднем за 2 года общая биологическая активность, определяемая методом аппликации, повысилась на 33-56 относительных процента.

2. Усиление деятельности почвенных микроорганизмов способствовало улучшению питательного режима: содержание доступных растениям фосфора и калия увеличивалось на 15-22 и 10-25 мг/кг почвы, минеральных азота – на 0,27-2,75 мг/кг. Цеолиты, благодаря присутствию в них до 17 % кальция и магния, обладают несомненной нейтрализующей способностью: сдвиг ее под посевами сои в сторону ее снижения составил 0,06 единиц $pH_{ксл}$ в 2019 до 0,17 единиц – в 2020 году.

3. Внесение в почву цеолита и, особенно, удобрений на его основе, обеспечило улучшение всех показателей фотосинтетической деятельности сои: площадь листьев увеличилась на 7-28 %, ФСП на 4-14 %, ЧПФ – 17-24 %. Имеется прямая положительная корреляция между дан-

ными показателями и урожайностью культуры.

4. Применение цеолита в чистом виде способствовало повышению урожайности семян сои на 6-14 %, использование в качестве удобрения обогащенного аминокислотами и мочевиной цеолита на 12-21 % с улучшением качества продукции.

Библиографический список

1. Умаров, М. М. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере / М. М. Умаров. – Москва : Геос, 1999. – С. 199-134.
2. Прогноз развития рынка сои на 2020/2021 год: Россия и мир. - URL: <https://specagro.ru/news/202006/rynok-soi-rossiya-i-mir> (дата обращения 13.04.2021).
3. Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение / А. И. Буров, А. Н. Тюрин, А. В. Екимов [и др.] ; под редакцией А. И. Булова. – Казань: ФЭН АН РТ, 2001. - 176с.
4. Либих, Ю. Химия в приложении к земледелию / Ю. Либих. – Санкт-Петербург : типография Ф. Фивега и сына, 1864(Брауншвейг). – 324 с.
5. Лобода, Б. П. Применение цеолитсодержащего минерального сырья в растениеводстве / Б. П. Лобода // Агрехимия. - 2000. - № 6. – С. 78-91.
6. Самсонова, Н. Е. Кремний в растениях и животных организмах / Н. Е. Самсонова // Агрехимия. - 2019. - № 1. – С. 86-96.
7. Бочарникова, Е. А. Кремниевые удобрения и мелиоранты: история изучения, теория и практика применения / Е. А. Бочарникова, В. В. Матыченков, И. В. Матыченков // Агрехимия. - 2011. - № 7. – С. 84-96.
8. Куликова, А. Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова. – Ульяновск : Ульяновской ГСХА, 2013. – 176 с.
9. Ma, J. F. Silicon uptake and accumulation in higher plants / I. F. Ma, N. Yamaji // Friends Plant Sci. - 2006. - № 11. – P.342-397.
10. Understanding the agronomics of silicon in plant and soil are essential for establishing silicon fertilization guidelines / B. Tubana, T. Babu, B. White, F. Agostinho, W. Payl, L. Datnoff // 7th Inter. Conf. silicon. Agricuent. Proced. Abstracts. – India, 2017. - P.10.
11. Chanchal, M. C. H. Alleviation of a biotic and stresses in plants by silicon supplementation / M. C. H. Chanchae, R. T. Kapoor, D. Ganyenala // Sci. Agricnet. - 2016. – V.13, № 2. – P.59-73.
12. Мишустин, Е. Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е. Н. Мишустин. –

Москва : Наука, 1972. – 341 с.

13. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Е. Бабьева, Г. И. Земова. – Москва : МГУ, 2005. – 455 с.

14. Матаруева, И. А. Микробиологические закономерности формирования гумусных запасов дерново-подзолистых почв / И. А. Матаруева. – Кострома : КГСХА, 2005. – 190 с.

15. Матыченков, В. В. Влияние кремневых удобрений на растения и почву / В. В. Матыченков, Е. А. Бочарникова, Я. М. Алимосова // *Агрохимия*. - 2002. - № 2. – С. 86-93.

16. Посыпанов, Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка / Г. С. Посыпанов. - Москва, 1996. – 278 с.

17. Тrepачев, Е. П. Агрохимические аспек-

ты биологического азота в современном земледелии / Е. П. Тrepачев. - Москва, 1999. – 532 с.

18. Дробышева, Н. И. Влияние удобрений на образование клубеньков и урожай сои / Н. И. Дробышева // *Агрохимия*. - 2000. - № 2. – С.59-61.

19. Гукова, М. М. Особенности питания бобовых растений свободным и связанным азотом : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Гукова М. М. - Москва, 1974. – 36 с.

20. Лабынцев, А. В. Симбиотическая фиксация бобовых в севооборотах при систематическом внесении минеральных и органических удобрений / А. В. Лабынцев, И. М. Шапошникова // *Агрохимия*. - 1997. - № 11. – С. 15-42.

ZEOLITES AND FERTILIZERS ON THEIR BASIS IN SOYBEAN CULTIVATION TECHNOLOGY IN THE VOLGA FOREST STEPPE

Kulikova A. Kh., Zakharov N. G., Khairtdinova N. A.
FSBEI HE Ulyanovsk SAU
432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1.
Tel. : 8 (8422) 55-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru

Key words: zeolite and fertilizers based on it, soybeans, yield and product quality.

Experimental field studies were carried out on the experimental field of Ulyanovsk State Agrarian University in 2018-2020. The experiment scheme in 2019 (laid in 2018) consisted of 4 variants: 1. Control (without fertilizers); 2. Zeolite in pure form, 500 kg / ha; 3. Organic mineral fertilizer, obtained by enriching zeolites with amino acids, 500 kg / ha; 4. Zeolite 500 kg / ha + N40 (carbamide at the dose of 40 kg of nitrogen per 1 ha). In 2020, the experiment was supplemented with four variants in order to identify more appropriate doses of fertilization (zeolite enriched with amino acids, 250 kg / ha; zeolite enriched with amino acids, 500 kg / ha; zeolite enriched with carbamide, 250 kg / ha; zeolite enriched with urea, 500 kg / ha). The experiments were carried out in 3-fold repetition with a randomized placement of plots. The effect of zeolite from Yushansk deposit of Ulyanovsk region and fertilizers based on it enriched with amino acids and urea were studied in the experiment, as well as their effect on general biological activity of leached black soil, on its agrochemical parameters, photosynthetic activity of soybean crops, yield and seed quality. A significant influence of experimental fertilizers on biological activity of the soil, improvement of nutrient regime, as well as the ability of zeolite to neutralize soil acidity was found. Improvement of the soil environment in case of application of zeolite enriched with amino acids and urea as a fertilizer contributed to an increase of soybean yields by 6-14% and by 12-31% to improvement of the product quality. With an increase of the dose of fertilizers, the yield of soybean seeds increased, but not proportionally.

Bibliography:

1. Umarov, M.M. *Structural and functional role of soil in the biosphere* / M.M. Umarov. - Moscow: Geos, 1999. - P. 199-134.
2. *Forecast of the soybean market development for 2020/2021: Russia and the world*. - URL: <https://specagro.ru/news/202006/rynok-soi-rossiya-i-mir> (date of access 13.04.2021).
3. *Zeolite-containing rocks of Tatarstan and their application* / A.I. Burov, A.N. Tyurin, A.V. Ekimov [and others]; edited by A. I. Burov. - Kazan: FEN AS RT, 2001. - 176p.
4. Liebig, Y. *Chemistry in application to agriculture* / Y. Liebig. - St. Petersburg: printing house of F. Viehweg and his son, 1864 (Braunschweig). - 324 p.
5. Loboda, B.P. *Application of zeolite-containing mineral raw materials in crop production* / B.P. Loboda // *Agrochemistry*. - 2000. - No. 6. - P. 78-91.
6. Samsonova, N.E. *Silicon in plants and animal organisms* / N.E. Samsonova // *Agrochemistry*. - 2019. - № 1. - P. 86-96.
7. Bocharnikova, E.A. *Silicon fertilizers and ameliorants: history of study, theory and practice of application* / E.A. Bocharnikova, V.V. Matychenkov, I.V. Matychenkov // *Agrochemistry*. - 2011. - № 7. - P. 84-96.
8. Kulikova A. Kh. *Silicon and high-siliceous rocks in fertilization system of agricultural crops* / A. Kh. Kulikova. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2013. - 176 p.
9. Ma, J. F. *Silicon uptake and accumulation in higher plants* / I. F. Ma, N. Yamaji // *Frends Plant Sci*. - 2006. - № 11. – P.342-397.
10. *Understanding the agronomic of silicon in plant and soil are essential for establishing silicon fertilization guidelines* / B. Tubana, T. Babu, B. White, F. Agostinho, W. Payl, L. Datnoff // 7th Inter. Conf. silicon. Agricutent. Proced. Abstracts. – India, 2017. - P.10.
11. Chanchal, M. C. H. *Alleviation of a biotic and stresses in plants by silicon supplementation* / M. C. H. Chanchal, R. T. Kapoor, D. Ganyenala // *Sci.Agricnet*. - 2016. – V.13, № 2. – P.59-73.
12. Mishustin, E.N. *Microorganisms and productivity of agriculture* / E.N. Mishustin. - Moscow: Nauka, 1972. - 341 p.
13. Zvyagintsev, D. G. *Soil Biology* / D. G. Zvyagintsev, I. E. Babieva, G. I. Zemova. - Moscow: Moscow State University, 2005. - 455 p.
14. Mataruyeva, I.A. *Microbiological patterns of formation of humus reserves of sod-podzolic soils* / I.A. Mataruyeva. - Kostroma: KSAA, 2005. - 190 p.
15. Matychenkov, V.V. *Influence of silicon fertilizers on plants and soil* / V.V. Matychenkov, E.A. Bocharnikova, Ya. M. Alimosova // *Agrochemistry*. - 2002. - № 2. - P. 86-93.
16. Posypanov, G.S. *Biological nitrogen. Problems of ecology and vegetable protein* / G.S. Posypanov. - Moscow, 1996. - 278 p.
17. Trepachev, E.P. *Agrochemical aspects of biological nitrogen in modern agriculture* / E.P. Trepachev. - Moscow, 1999. - 532 p.
18. Drobysheva, N.I. *The influence of fertilizers on formation of nodules and the yield of soybeans* / N.I. Drobysheva // *Agrochemistry*. - 2000. - № 2. - P.59-61.
19. Gukova, M. M. *Nutrition features of leguminous plants with free and bound nitrogen: dissertation abstract for the degree of Doctor of Biological Sciences* / Gukov M. M. - Moscow, 1974. - 36 p.
20. Labyntsev, A. V. *Symbiotic fixation of legumes in crop rotations with systematic introduction of mineral and organic fertilizers* / A. V. Labyntsev, I. M. Shaposhnikova // *Agrochemistry*. - 1997. - № 11. - P. 15-42.