

## Влияние цеолита и удобрения на его основе на питательный режим, симбиотическую активность и урожайность сои в условиях лесостепи Поволжья

Н. Г. Захаров<sup>✉</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, химия, биология и технологии переработки продукции растениеводства»

Н. А. Хайртдинова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, химия, биология и технологии переработки продукции растениеводства»

А. А. Пятова, аспирант кафедры «Почвоведение, химия, биология и технологии переработки продукции растениеводства»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1

<sup>✉</sup>agroec@yandex.ru

**Резюме.** В статье представлены результаты исследований по изучению эффективности применения в технологии возделывания сои сорта УСХИ-6 цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами. Исследования проводили в 2020...2022 гг. в условиях опытного поля в Ульяновской области. В схему опыта входило 6 вариантов: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2 вариант – цеолит, 250 кг/га; 3 вариант – цеолит, 500 кг/га; 4 вариант – цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га; 5 вариант – цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га; 6 вариант –  $N_{40}P_{40}K_{40}$ . При внесении удобрений повышалась биологическая активность почвы и, как следствие, происходило ускорение разложения стерневых и корневых остатков и обогащение легкодоступными для растений элементами питания. При анализе влияния удобрений на бобоворизобиальную активность растений сои установили, что внесение цеолита, обогащенного аминокислотами, 500 кг/га способствовало повышению накопления активных клубеньков до 270 кг/га. Внесение азофоски снижало бобоворизобиальную активность растений сои, и формирование урожайности культуры происходило за счет технического азота. Проведенные исследования показали, что на варианте с внесением азофоски прибавка урожайности зерна сои была самой высокой и составила 0,49 т/га или 24 %. Но при этом математическая обработка данных показала, что разница между вариантами с внесением азофоски и цеолита, обогащенного аминокислотами, 250 и 500 кг/га была несущественной. Сделан вывод о целесообразности применения цеолита, обогащенного аминокислотами, 500 кг/га в технологии возделывания сои.

**Ключевые слова:** соя, цеолит, цеолит, обогащенный аминокислотами, масса клубеньков, урожайность сои.

**Для цитирования:** Захаров Н. Г., Хайртдинова Н. А., Пятова А. А. Влияние цеолита и удобрения на его основе на питательный режим, симбиотическую активность и урожайность сои в условиях лесостепи Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2 (66). С. 70-76. doi:10.18286/1816-4501-2024-2-70-76

## The influence of zeolite and fertilizers based on it on nutritional regime, symbiotic activity and soybean yield in the forest-steppe conditions of the Volga Region

N. G. Zakharov, N. A. Khayrtdinova, A. A. Pyatova

FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University

432017, Ulyanovsk, Novyi Venets boulevard, 1

<sup>✉</sup>agroec@yandex.ru

**Abstract.** The article presents results of the studies on the effectiveness of using zeolite and zeolite enriched with amino acids in the technology of soybean cultivation of USKHI-6 variety. The research was carried out in 2020...2022 in the conditions of an experimental field in Ulyanovsk region. The experimental scheme included 6 variants: 1 variant – control (without fertilizers); Variant 2 – zeolite, 250 kg/ha; Variant 3 – zeolite, 500 kg/ha; Variant 4 – zeolite enriched with amino acids, 250 kg/ha; Variant 5 – zeolite enriched with amino acids, 500 kg/ha; Variant 6 –  $N_{40}P_{40}K_{40}$ . When applying fertilizers, the biological activity of the soil increased and, as a result, the decomposition of stubble and root residues accelerated and the soil was enriched with easily accessible nutrients for plants. When analyzing the effect of fertilizers on the legume-rizobial activity of soybean plants, it was found that the application of zeolite enriched with amino acids at 500 kg/ha contributed to an increase in accumulation of active nodules to 270 kg/ha. The introduction of azofoska reduced the legume-rizobial activity of soybean plants, and the formation of crop yield occurred due to technical nitrogen. The studies showed that the increase in soybean grain yield was the highest and amounted to 0.49 t/ha or 24% in the variant

with the application of azofoska. But at the same time, mathematical processing of the data showed that the difference between the variants with the introduction of azofoska and zeolite enriched with amino acids, 250 and 500 kg/ha, was insignificant. It was concluded that it is advisable to use zeolite enriched with amino acids, 500 kg/ha, in soybean cultivation technology.

**Keywords:** soybean, zeolite, zeolite enriched with amino acids, mass of nodules, soybean yield.

**For citation:** Zakharov N. G., Khayrtidinova N. A., Pyatova A. A. The influence of zeolite and fertilizers based on it on nutritional regime, symbiotic activity and soybean yield in the forest-steppe conditions of the Volga Region // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;2(66): 70-76 doi:10.18286/1816-4501-2024-2-70-76

### Введение

В настоящее время со стороны сельхозпроизводителей отмечается повышенный интерес к такой культуре, как соя. Это связано, в первую очередь с тем, что возделывание сои способствует увеличению продовольственного ресурса, созданию возобновляемой белковой энергии, сохранению экологического равновесия. Необходимо подчеркнуть, что в настоящее время в рационе населения не хватает белка, несмотря на то, что этот фактор определяет здоровье человека. С этой точки зрения также возникает необходимость расширения посевных площадей культуры, так как общеизвестно, что в зерне сои содержание белка составляет 35...45 %. Кроме того, в его состав входят витамины разных групп и незаменимые аминокислоты, что приравнивает его к коровьему молоку [1, 2, 3].

Возможности для успешного возделывания сои подтверждаются исследованиями научных учреждений. В частности, показана ее высокая экономическая эффективность [4].

Появление сои на полях хозяйств ставит много вопросов по технологии ее возделывания. Одним из актуальных вопросов является разработка системы удобрения, что в первую очередь связано с азотфиксирующей способностью культуры [5, 6].

В последние годы как в России, так и за рубежом возрастает интерес к цеолитам. В Ульяновской области имеются свои месторождения цеолита, например, Юшанское месторождение, что определяет повышенный интерес к его использованию. В настоящее время на базе Ульяновского ГАУ проводят исследования по изучению эффективности цеолита в качестве удобрения сельскохозяйственных культур. Например, исследованиями А.Х. Куликовой и др. установлено положительное влияние цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами, на плодородие чернозема выщелоченного: улучшались агрофизические показатели, общая биологическая активность. Изучение эффективности кремнийсодержащих удобрений показало, что урожайность проса не уступала варианту с использованием минеральных удобрений [7]. Однако исследований в этом направлении с такой культурой, как соя, не было.

Необходимо отметить, что цеолиты находят широкое применение. В частности, в качестве компонента субстрата его используют для уменьшения слеживаемости минеральных удобрений, снижения накопления тяжелых металлов в почвах и растительных продуктах, в качестве добавок в комбикорма [8, 9].

Цель исследований – изучение эффективности применения цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами, в технологии возделывания сои в условиях Ульяновской области.

### Материалы и методы

Изучение влияния цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами, проводили в полевом опыте, заложенном на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ в 2020...2022 гг. Почва опытного поля характеризуется следующими показателями: чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 4,5...4,7 %, фосфора (по Чирикову) – 140...162 мг/кг, калия – 141...161 мг/кг.

Площадь делянки – 72 м<sup>2</sup>, учетная – 36 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная, расположение – рендомизированное.

Схема опыта включала 6 вариантов: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2 вариант – цеолит, 250 кг/га; 3 вариант – цеолит, 500 кг/га; 4 вариант – цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га; 5 вариант – цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га; 6 вариант – N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>(NPK).

В качестве минерального удобрения использовали азофоску. Доза внесения составляла 40 кг д.в./га.

Учеты и наблюдения проводили по следующим методикам: формирование симбиотического аппарата по накоплению клубеньков – методом монолита; целлюлозоразлагающая активность почвы – методом аппликации; азот общий (N) – ГОСТ 26107-84; подвижные формы фосфора и калия – по методу Ф.В. Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91); урожайность – прямым комбайнированием с пересчетом на 14 % влажность и 100 % чистоту.

Эффективность цеолита изучали по его влиянию на продуктивность сои сорта УСХИ-6. Сорт выведен в Ульяновском сельскохозяйственном институте. Характеризуется следующими показателями: урожайность семян 1,42 т/га (1,3 ц/га выше среднего стандарта), максимальная урожайность – 2,8 т/га, содержание белка – 37,6 %, жира – 20,1 %.

Опытное поле расположено на территории Ульяновской области, которая относится к левобережному Приволжскому агропочвенному району с равнинным рельефом.

Результаты исследований обрабатывали согласно методам статистической обработки данных с использованием программ MS Excel и Statistic-1.

### Результаты

Биологическая активность почвы – достаточно информативный показатель в силу деятельности

#### 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

микробного сообщества. Поступившие в почву удобрения особенно активизируют целлюлозолитическую часть микробиоты через цепочку физических, химических, микробиологических превращений [10, 11, 12, 13].

В таблице 1 приведены показатели деятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, которая определялась методом аппликации (по степени разрушения льняного полотна). Судя по данным таблицы, степень разрушения льняного полотна по сравнению с контролем на вариантах с внесением удобрений усиливалась. Так отклонение от

контроля на варианте с применением цеолита, обогащенного аминокислотами, 250 кг/га и 500 кг/га составило соответственно 19 и 23 %, на варианте с азофоской – 26 %.

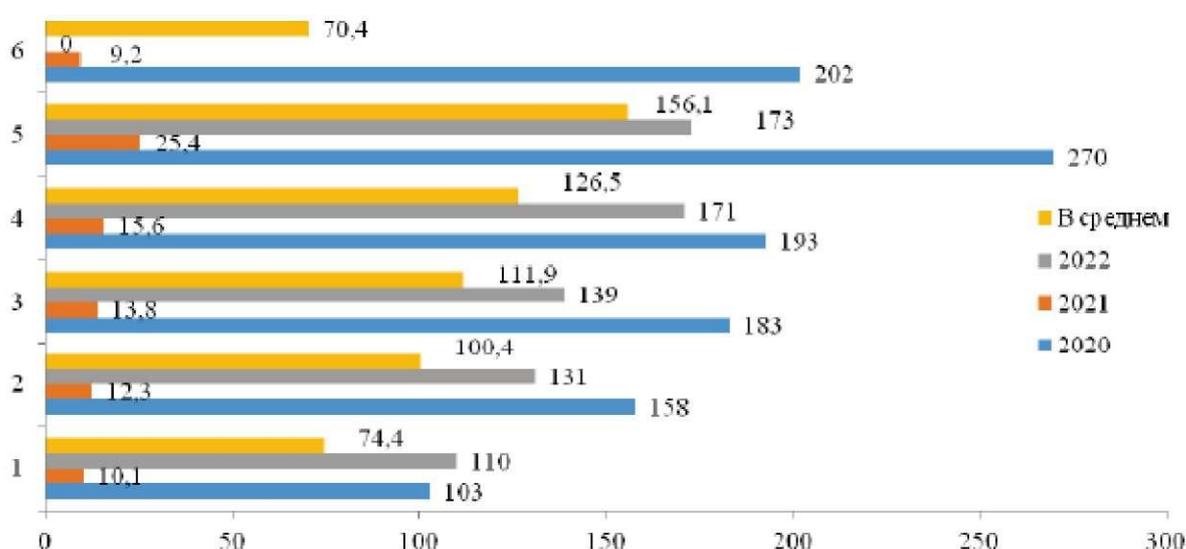
Наибольшее накопление элементов питания (азота, фосфора, калия) наблюдали на варианте с азофоской. При этом математическая обработка данных в годы исследований показала, что разница между вариантами с внесением азофоски и цеолита, обогащенного аминокислотами, 500 кг/га была незначительной (по значениям НСР<sub>05</sub>) (табл. 2).

Таблица 1. Целлюлозоразлагающая активность микроорганизмов (по степени разрушения льняного полотна)

Вариант	2020	2021	2022	В среднем	Отклонение от контроля, ±/%
Контроль	28,0	18,1	11,9	19,3	
Цеолит 250 кг/га	29,6	21,3	12,3	21,1	+1,8/9
Цеолит 500 кг/га	30,0	22,4	12,7	21,7	+2,48/11
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га	30,5	25,6	15,0	23,7	+4,4/19
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	32,0	27,3	16,4	25,2	+5,9/23
N40P40K40	32,2	28,9	17,3	26,1	+6,8/26
НСР <sub>05</sub>	1,8	3,7	2,5		

Таблица 2. Влияние удобрений с применением цеолита на питательный режим чернозема выщелоченного после уборки, мг/кг (в среднем за 2020-2022 г.)

Вариант	N-NO <sub>3</sub> +N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Контроль	10,5	151	142
Цеолит, 250 кг/га	11,8	160	153
Цеолит, 500 кг/га	12,1	166	159
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га	13,1	173	158
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	13,5	175	164
N40P40K40	15,5	182	173



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 – N40P40K40

Рис. 1. Масса активных клубеньков в зависимости от вариантов опыта, кг/га в фазу налива семян

Таблица 3. Урожайность сои в годы проведения исследований, т/га

Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средняя	Отклонение от контроля, ±/%
Контроль	1,47	1,82	1,47	1,59	
Цеолит 250 кг/га	1,62	2,08	1,56	1,75	+0,16/9
Цеолит 500 кг/га	1,67	2,19	1,66	1,84	+0,25/14
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га	1,65	2,26	1,62	1,84	+0,25/14
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	1,76	2,36	1,67	1,93	+0,34/18
N40P40K40	2,08	2,47	1,70	2,08	+0,49/24
НСР <sub>05</sub>	0,17	0,31	0,13		

Изучали динамику накопления клубеньков (в работе показана масса сырых клубеньков, кг/га) по фазам развития: бутонизация – цветение, налив семян. Формирование симбиотического аппарата сои по фазам развития растений широко варьирует по годам. Необходимо отметить, что в 2021 г. на протяжении всего периода вегетации сои среднесуточная температура воздуха была выше среднесуточной. Основное количество осадков выпало в июле и сентябре. Остальной период характеризовался как засушливый. Растения оказались в стрессовой ситуации. К фазе бутонизации – цветения влажность почвы приблизилась к влажности разрыва капилляров (ВРК). Поэтому клубеньки не образовывались, а на вариантах, где были клубеньки, они начали переходить в неактивную для них форму, снижая концентрацию леггемоглобина. Затем наблюдалось быстрое их отмирание, сопровождающееся отмиранием корневых волосков. В фазу налива семян, когда сложились более благоприятные условия, клубеньки образовались, но не в значительном объеме. Их масса находилась в пределах 9...25 кг/га. Наибольшая активность наблюдалась на вариантах с цеолитом, обогащенным аминокислотами, 500 кг/га (рис. 1).

Исследования по изучению эффективности кремнийсодержащих удобрений в технологии сои показали, что применение цеолита в чистом виде способствовало повышению урожайности сои на 9...14 %. Однако преимущество осталось за вариантом с внесением азофоски в дозе 40 кг/га д.в. Разница между вариантами с внесением минерального удобрения и цеолита, обогащенного аминокислотами, 500 кг/га по значению НСР<sub>05</sub> недостоверна. Влияние их на формирование урожайности одинаковое (табл. 3).

#### Обсуждение

При анализе результатов исследований, прежде всего, обращает на себя внимание повышение целлюлозоразлагающей активности микробиоты чернозема выщелоченного при внесении цеолита в качестве удобрения в среднем на 11 относительных процента. Такие же результаты были получены в опытах других ученых, по мнению которых это объясняется улучшением структурно-

агрегатного состояния почвы, что естественно способствует улучшению условий деятельности микроорганизмов [7].

Нет сомнения в том, что повышение активности микроорганизмов способствует улучшению питания растений сои, что подтвердили математические расчеты. Корреляционно-регрессионный анализ показал, что существует прямая зависимость между накоплением азота в почве и их деятельностью, которая характеризуется следующим уравнением регрессии:  $Y = 0,633x - 1,715$ ,  $R^2 = 0,93$ .

Улучшение питательного режима при внесении кремнийсодержащих удобрений отмечают многие исследователи. В частности, показано, что, внося в почву кремниевые соединения, можно трансформировать недоступный растениям фосфор в подвижный. Отмечается, что благодаря высокой адсорбционной способности снижается вынос подвижного фосфора из почвы, что, несомненно, улучшает фосфорное питание растений [14, 15, 16]. Наши исследования также показали, что использование в технологии сои кремнийсодержащего удобрения цеолита способствовало повышению накопления фосфора в доступном состоянии. Создание оптимальных условий для жизнедеятельности микроорганизмов через внесение цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами, обеспечивает улучшение питательного режима почвы и формирование (как будет показано ниже) более высокой урожайности сои.

Изучение возможностей применения удобрений в посевах сои представляет большой интерес, особенно, в связи с азотфиксирующей активностью культуры. Существуют разные мнения по применению азотных удобрений в технологии сои. Например, большинство исследователей считает, что при создании благоприятных для симбиотической азотфиксации условий бобовые культуры способны полностью удовлетворять потребность в элементе за счет молекулярного азота. Есть мнение, что необходимо вносить «стартовые» дозы или сочетать биологический и технический азот [17, 18, 19]. Вопросы по влиянию цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами, на симбиотическую продуктивность сои не изучены.

На фоне с минеральным удобрением в 2020 г. образовалось клубеньков до 202 кг/га. 2020 г. характеризовался наиболее благоприятными по количеству осадков условиями. Количество осадков за период вегетации составило 250,2 мм. Растения формировали мощный симбиотический аппарат, в том числе и на фоне минеральных удобрений. Но в другие годы отмечается заметное угнетение процесса развития клубеньков на этом варианте опыта. Наши данные подтверждаются исследованиями В. Т. Синеговской и др. [20]. По данным авторов, внесение минерального азота совместно с фосфорным удобрением, ингибировало образование клубеньков у растений сои с фазы 4-го тройчатого листа до начала образования бобов, что привело к снижению их массы в фазе 4-го тройчатого листа

Соя в первую очередь поглощает все имеющиеся в почве ресурсы (технический и почвенный азот) и лишь потом вкладывает энергию на восстановление собственного азота. Внесение азотоски снижало накопление клубеньков. В некоторые годы (2021 и 2022 гг.) они вообще не формировались на корнях сои на этом варианте. Таким образом, для своего роста и развития соя использовала технический азот.

На вариантах с внесением цеолита масса клубеньков повышалась. Например, в 2022 г. в фазу бутонизации-цветения масса клубеньков на контроле (без внесения удобрений) составила 101 кг/га, повышаясь на варианте с цеолитом, обогащенным аминокислотами, 500 кг/га до 163 кг/га. В фазу налива семян симбиотический аппарат сои характеризовался максимальными показателями по массе клубеньков. В среднем за годы исследований увеличение этого показателя на варианте с цеолитом, обогащенным аминокислотами, 500 кг/га относительно контроля составило 47,7 %.

Одним из условий формирования симбиотического аппарата сои являются условия питания.

Фиксация азота воздуха происходит при участии аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), главной составной частью которой является фосфор. При низком содержании фосфора в почве клубеньковые бактерии проникают в корень, но клубеньки не образуются. Как отмечалось выше, на вариантах с цеолитом питательный режим улучшался, соответственно накапливалось больше свободного фосфора, что также способствовало усилению симбиотической активности сои.

#### Заключение

При внесении удобрений повышалась биологическая активность почвы и, как следствие, происходило ускорение разложения стерневых и корневых остатков и обогащение легкодоступными для растений элементами питания. В исследованиях установлена существенная зависимость содержания минерального азота в почве от деятельности микроорганизмов, которая характеризовалась следующим уравнением регрессии:  $Y = 0,633x - 1,715$ ,  $R^2 = 0,93$ .

При анализе влияния удобрений на бобоворизобиальную активность растений сои установили, что внесение цеолита, обогащенного аминокислотами, способствовало повышению накопления активных клубеньков до 270 кг/га. Внесение азотоски снижало бобоворизобиальную активность растений сои, и формирование урожайности культуры происходило за счет технического азота.

Проведенные исследования показали, что на варианте с внесением азотоски прибавка урожайности зерна сои была самой высокой и составила 0,49 т/га или 24 %. Но при этом математическая обработка данных показала, что разница между вариантами с внесением азотоски и цеолита, обогащенного аминокислотами, 500 кг/га была несущественной. Сделан вывод о целесообразности применения цеолита, обогащенного аминокислотами, 500 кг/га в технологии возделывания сои.

#### Литература

1. Повышение продовольственного статуса и экологической безопасности сои на фоне применения современных биопрепаратов как факторы обеспечения продовольственной безопасности региона / Ю. В. Корягин, Е. Г. Куликова, Н. В. Корягина и др. // Продовольственная политика и безопасность. 2021. № 4. С. 412-428.
2. Коваленко Е. Г., Крапчина Л. Н., Князькина А. А. Инвестирование в развитие сельских территорий региона как основной фактор сохранения кадрового потенциала села (на материалах Пензенской области) // Экономика труда. 2020. Том 7. № 3. С. 289-306.
3. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии: монография / В. Е. Ториков, С. А. Бельченко, А. В. Дронов и др. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. 284 с.
4. Левкина О. В. Теоретико-методологические подходы к оценке эффективности производства сои // Вестник Белорусской сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 5-9.
5. Абдуазимов А. М., Мирзаев Н.Ф. Влияние доз азотных удобрений на рост, развитие и урожайность сои // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 2-3 (7). – С. 77-79. doi: 10.24411/2181-0761/2020-10098.
6. Kaisanova G. B., Suleimenov B. U. Soybean growing using organic humic fertilizer Tumat on irrigated meadow soils in Andijan region // Почвоведение и агрохимия. 2022. No. 2. P. 88-98. doi:10.51886/1999-740X-2022-2-88
7. Эффективность цеолита и цеолита, обогащенного аминокислотами, в качестве удобрения / А. Х. Куликова, Е. А. Яшин, А. С. Ромашкин и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии 2022. № 2. С.76-82. doi:10.18286/1816-4501-2022-3-76-82.

8. Самсонова Н. Е. Кремний в растениях и животных организмах // *Агрохимия* 2019. № 1. С. 86-96. doi: 10.1134/S0002188119010071.
9. Коннова Н. И. Комплексные фосфор-цеолитовые удобрения – новый подход к повышению эффективности использования некондиционных фосфоритов/Н.И.Коннова//*Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019. № 5. С. 59-71. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnye-fosfor-tseolitovye-udobreniya-novyy-podhod-k-povysheniyu-effektivnosti-ispolzovaniya-nekonditsionnyh-fosforitov> (дата обращения: 28.03.2024)
10. Гринец Л. В., Сенькова Л. А., Мингалев С. К. Биологическая активность почвы // *Аграрное образование и наука*. 2019. № 2. С. 14.
11. Козлов А. В., Куликова А. Х., Яшин Е. А. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах // *Вестник Мининского университета*. 2015. № 2 (10). С. 23.
12. Накопление растительных остатков и биологическая активность обыкновенных черноземов при ресурсосберегающей технологии / В. И. Попова, В. А. Чудинов, Е. П. Болдышев и др. // *Вестник Омского ГАУ*. 2020. № 2 (38). С. 89-99.
13. Чуян Н. А., Брескина Г. М. Влияние приемов биологизации на биологическое состояние органического вещества чернозема типичного // *Агрохимия*. 2020. № 9. С. 8-17. doi: 10.31857/S0002188120090033.
14. Бочарникова Е. А., Матыченков В. В., Пироговская Г. В. Влияние активных форм кремния на фосфатное состояние дерново-подзолистой почвы // *Агрохимия*. 2023. № 12. С. 3-10 doi: 10.31857/S0002188123120050.
15. Кремний повышает доступность фосфора в почвах Арктики / J. Schalle, С. Фошерре, Х. Джосс. 2019. URL:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30679628/> (дата обращения: 3.01.2024) doi: 10.1038/s41598-018-37104-6
16. Перспективы использования кремниевых препаратов в сельском хозяйстве (обзор научной литературы) / В. В. Матыченков, Е. А. Бочарников, Г. В. Пироговская и др. // *Почвоведение и агрохимия*. 2022. №. 1. С. 219-234. doi: 10.47612/0130-8475-2022-1(68)-219-234.
17. Mbah G. C., Dakora F. D. Nitrate inhibition of N-2 fixation and its effect on micronutrient accumulation in shoots of soybean (*Glycine max* L. Merr.), Bambara groundnut (*Vignasubterranea* L. Vedic) and Kersting's groundnut (*Macrotylomageocarpum* Harms.) // *Symbiosis*. 2018. Vol. 75. No. 3. P. 205-216. doi: 10.1007/s13199-017-0531-2.
18. Синеговская Т. В., Ануфриева И. В., Урюпина А. А. Влияние обеспеченности растений минеральным азотом на развитие симбиотического аппарата и урожайность сои // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 6. С. 28-32. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10605
19. Куликова А. Х., Захаров Н. Г., Хайртдинова Н. А. Удобрение сои в условиях Среднего Поволжья: монография. Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2022. 168 с.
20. Содержание белка и жира в семенах сортов сои различного генетического происхождения/ В.Т. Синеговская, Очкурова В. В., Синеговский М. О. и др. // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2020. № 5. С. 15-19. doi: 10.31857/S250026272005004X.

## References

1. Increase of the food status and ecological safety of soybeans when using modern biological products as factors in ensuring food security in the region / Yu. V. Koryagin, E. G. Kulikova, N. V. Koryagina, et al. // *Food policy and security*. 2021. No. 4. P. 412-428.
2. Kovalenko E. G., Krapchina L. N., Knyazkina A. A. Investing in the development of rural areas of the region as the main factor in preserving the human resources potential of the village (based on materials of Penza region) // *Labour Economics*. 2020. Volume 7. No. 3. P. 289-306.
3. Soybean of the northern ecotype in intensive farming: monograph / V. E. Torikov, S. A. Belchenko, A. V. Dronov, et al. Bryansk: Bryansk State Agrarian University Publishing House, 2019. 284 p.
4. Levkina O. V. Theoretical and methodological approaches to assessing the efficiency of soybean production // *Vestnik of the Belarusian Agricultural Academy*. 2021. No. 4. P. 5-9.
5. Abduazimov A.M., Mirzaev N.F. The influence of doses of nitrogen fertilizers on growth, development and yield of soybeans // *Life Sciences and Agriculture*. 2020. No. 2-3 (7). P. 77-79. doi: 10.24411/2181-0761/2020-10098.
6. Kaisanova G. B., Suleimenov B. U. Soybean growing using organic humic fertilizer Tumat on irrigated meadow soils in Andijan region // *Soil Science and Agrochemistry*. 2022. No. 2. P. 88-98. doi:10.51886/1999-740X-2022-2-88
7. Efficiency of zeolite and zeolite enriched with amino acids as a fertilizer / A. Kh. Kulikova, E. A. Yashin, A. S. Romashkin, et al. // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy* 2022. No.2. P.76- 82. doi:10.18286/1816-4501-2022-3-76-82.
8. Samsonova N. E. Silicon in plants and animal organisms // *Agrochemistry* 2019. No. 1. P. 86-96. doi: 10.1134/S0002188119010071.
9. Konnova N.I. Complex phosphorus-zeolite fertilizers - a new approach to increasing the efficiency of using substandard phosphorites / N.I. Kononova // *Mining Information and Analytical Vestnik (scientific and technical journal)*. 2019. No. 5. P. 59-71. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnye-fosfor-tseolitovye-udobreniya-novyy-podhod-k-povysheniyu-effektivnosti-ispolzovaniya-nekonditsionnyh-fosforitov> (date of access: 28.03.2024)

#### **4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)**

---

10. Grinets L.V., Senkova L.A., Mingalev S.K. Biological activity of soil // *Agrarian education and science*. 2019. No.2. P. 14.
11. Kozlov A.V., Kulikova A.Kh., Yashin E.A. The role and importance of silicon and silicon-containing substances in agroecosystems // *Vestnik of Minin University*. 2015. No. 2 (10). P. 23.
12. Accumulation of plant residues and biological activity of typical black soil with resource-saving technology / V. I. Popova, V. A. Chudinov, E. P. Boldyshev et al. // *Vestnik of Omsk State Agrarian University*. 2020. No. 2 (38). P. 89-99.
13. Chuyan N. A., Breskina G. M. Influence of biologization techniques on biological state of organic matter of typical black soil // *Agrochemistry*. 2020. No. 9. P. 8-17. doi: 10.31857/S0002188120090033.
14. Bocharnikova E. A., Matychenkov V. V., Pirogovskaya G. V. Influence of active forms of silicon on the phosphate state of sod-podzolic soil // *Agrochemistry*. 2023. No. 1 2. P. 3-10 doi: 10.31857/S0002188123120050.
15. Silicon increases the availability of phosphorus in Arctic soils / J. Schalle, S. Faucherre, H. Joss. 2019. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30679628/> (access date: 3.01.2024) doi: 10.1038/s41598-018-37104-6
16. Prospects for usage of silicon preparations in agriculture (review of scientific literature) / V. V. Matychenkov, E. A. Bocharnikov, G. V. Pirogovskaya, et al. // *Soil Science and Agrochemistry*. 2022. No. 1. P. 219-234. doi: 10.47612/0130-8475-2022-1(68)-219-234.
17. Mbah G. C., Dakora F. D. Nitrate inhibition of N-2 fixation and its effect on micronutrient accumulation in shoots of soybean (*Glycine max* L. Merr.), Bambara groundnut (*Vignasubterranea* L. Vedic) and Kersting's groundnut (*Macrotylomegeocarpum* Harms.) // *Symbiosis*. 2018. Vol. 75. No. 3. P. 205-216. doi: 10.1007/s13199-017-0531-2.
18. Sinegovskaya T.V., Anufrieva I.V., Uryupina A.A. The influence of the supply of plants with mineral nitrogen on development of the symbiotic apparatus and soybean yield // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2020. Vol. 34. No. 6. P. 28-32. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10605
19. Kulikova A. Kh., Zakharov N. G., Khairtdinova N. A. Soybean fertilization in the conditions of the Middle Volga region: monograph // Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University, 2022. 168 p.
20. Sinegovskaya V.T. Protein and fat content in the seeds of soybean varieties of different genetic origins/ V.T. Sinegovskaya, Ochкурова V.V., Sinegovskiy M.O. // *Russian Agricultural Science*. 2020. No. 5. P. 15-19. doi: 10.31857/S250026272005004X.