

УДК 631.811.93:633.11

DOI 10.18286/1816-4501-2020-3-53-59

## КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ В СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

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

**Яшин Евгений Александрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

**Волкова Елена Сергеевна**, аспирант 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:** кремнистые породы, цеолит, озимая пшеница, урожайность.

Исследования проведены на опытном поле Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина на черноземе типичном среднесуглинистом с содержанием гумуса 4,6 %, доступных фосфора и калия 155 и 176 мг/кг,  $pH_{КСЛ}$  6,7 единиц. В опытах выращивали озимую пшеницу сорта Саратовская 17 с применением в качестве удобрения цеолита Юшанского месторождения Ульяновской области и удобрений на его основе обогащением аминокислотами и карбамидом. Схема опыта состояла из 4-х вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2. Цеолит в чистом виде 500 кг/га; 3. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га; 4. Цеолит, обогащенный карбамидом (из расчета 40 кг д.в. на га), 500 кг/га. Площадь учетной делянки 20 м<sup>2</sup>, размещение их рендомизированное, повторность 4-х кратная. Результаты исследований показали положительное влияние цеолита и удобрений на его основе на деятельность почвенных микроорганизмов, питательный режим почвы, урожайность и качество продукции. Установили, что при внесении в почву усиливается деятельность почвенной микрофлоры на 9-18 %, повышается содержание в пахотном слое минеральных форм азота на 0,82-2,17 мг/кг, подвижного фосфора - на 5-8 мг/кг, обменного калия — на 5-6 мг/кг почвы. Последнее сопровождалось повышением урожайности зерна озимой пшеницы: при внесении цеолита в чистом виде в среднем на 0,46 т/га (12,1 %), обогащенного аминокислотами цеолита на 1,17 т/га (30 %), обогащенного карбамидом цеолита на 1,35 т/га (35 %).

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

### Введение

Озимая пшеница – одна из самых высокоурожайных зерновых культур в Поволжье, в том числе Ульяновской области. Урожайность ее, как правило, на 0,8-1,0 т/га превышает яровые зерновые культуры. При этом современные сорта озимой пшеницы имеют потенциальную продуктивность до 18-20 т/га и реальную – до 8-11 т/га [1]. Однако урожайность озимой пшеницы в Ульяновской области значительно ниже потенциальных возможностей возделываемых сортов с высокой вариабельностью по годам и колебалась от 0,98 т/га в 2011 году до 3,04 т/га в 2016 г. [2]. Последнее обусловлено наряду с погодными условиями недостаточным уровнем

применения удобрений и средств защиты растений, часто несоблюдением соответствующей агротехники.

Озимая пшеница- требовательная к плодородию почвы культура и только на фоне достаточной обеспеченности элементами питания и нейтральной реакции почвенного раствора ( $pH_{КСЛ}$  6,5 единиц и более ) способна обеспечить продуктивность на уровне вышеприведенных показателей.

Система применения минеральных и органических удобрений, в том числе в конкретных почвенно-климатических условиях, достаточно хорошо разработана. В настоящее время и в перспективе в этом отношении большой интерес

представляет применение в системе удобрения сельскохозяйственных, в том числе данной культуры, кремнистых пород, которыми богата Россия, в том числе и Ульяновская область. Так, трехлетние исследования, проведенные в Ульяновском НИИСХ, показали, что внесение в почву диатомита (одного из самых распространенных кремнистых пород в нашей области) способствовало формированию урожайности зерна озимой пшеницы, превышающую контрольный вариант на 0,62 т/га [3]. Наибольшую эффективность наблюдали при использовании диатомита в меньшей дозе (3 т/га) совместно с мочевиной в дозе  $N_{40}$ : прибавка урожайности зерна в 1,5 раза была выше контроля с улучшением качества продукции [4].

Высокая эффективность кремниевых (силикатных) удобрений обусловлена, прежде всего, влиянием кремния на систему «почва-растение» с одной стороны, с другой – дефицитом доступных его соединений в почве в связи с постоянным отчуждением урожаем сельскохозяйственных культур. Установлено (доказано), что кремний является, как и основные макроэлементы (азот, фосфор, калий), неотъемлемым фактором продуктивности сельскохозяйственных культур [5, 6, 7, 8, 9].

Кремниевые удобрения достаточно широко применяются в США, Японии, Бразилии, Китае и других странах. Так, в Японии с 1955 года силикатные удобрения внесены в реестр агрохимикатов. В 70-80-е годы прошлого века в нашей стране так же ставился вопрос об их производстве. Однако до настоящего времени они в промышленном масштабе не производятся. При этом в качестве силикатных удобрений в последние годы активно предлагаются природные кремнийсодержащие породы такие, как диатомиты, цеолиты, трепелы, бентониты [10, 11].

Несмотря на доказанную высокую эффективность названных пород в качестве кремниевого удобрения, большинство исследователей приходит к выводу, что агрономическую ценность их можно значительно повысить совместным применением с органическими и минеральными удобрениями с тем, чтобы обеспечить растения всеми элементами питания в оптимальном соотношении. Последнее, прежде всего, касается с точки зрения питания сельскохозяйственных культур азотом, которого кремнистые породы не содержат. Однако в связи с тем, что кремнистые породы обладают уникальными физико-химическими свойствами и кристалло-структурным строением [12], появ-

ляется возможность внедрить в них те или иные элементы и соединения, создать на их основе высокоэффективные безопасные удобрения нового поколения, максимально отвечающие требованиям возделываемых культур. Идеально для решения данной проблемы подходит цеолит, представляющий из себя водные алюмосиликаты кальция, натрия, бария и некоторых других элементов. Структура цеолитов состоит из систем микрополостей, соединенных между собой и окружающей средой. Благодаря этому цеолит обладает хорошо развитой внутренней поверхностью, доступной для адсорбируемых молекул, и которые цеолит способен отдавать.

В 2019 году нами совместно с ООО «ИнБиоТех» (г. Ульяновск) разработан состав новых удобрений на основе цеолита Юшанского месторождения Ульяновской области с внедрением в них аминокислот и карбамида. В ООО «ИнБиотех» в этом же году были изготовлены первые экспериментальные образцы в производственных условиях. Целью наших исследований являлось изучение их эффективности при возделывании озимой пшеницы.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследования провели на опытном поле Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина в 2019-2020 гг. Испытывали: цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области модифицированный (модификация состояла в соответствующей подготовке породы к обогащению аминокислотами и карбамидом); цеолит, обогащенный аминокислотами; цеолит, обогащенный карбамидом; озимая пшеница сорта Саратовская 17.

Схема опыта состояла из 4-х вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2. Цеолит в чистом виде 500 кг/га; 3. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га; 4. Цеолит, обогащенный карбамидом (из расчета 40 кг д.в на га), 500 кг/га. Площадь учетной делянки 20 м<sup>2</sup> размещение их рендомизированное, повторность 4-х кратная.

Почва опытного поля — чернозем типичный среднемощный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,6 %, подвижных (доступных) фосфора и калия 155 и 176 мг/кг соответственно (обеспеченность данными элементами высокая),  $pH_{KCl}$  6,7 единиц (нейтральная реакция почвенного раствора).

Опыты проводили в соответствии с требованиями под строгим контролем методической комиссии университета. Удобрения вносили вручную под культивацию перед посевом озимой пшеницы. Анализы образцов почвы по со-

ответствующим ГОСТам осуществляли в аккредитованной лаборатории «САС «Ульяновская».

### Результаты исследований

Любые агротехнические приемы, в том числе и в большей степени удобрения, вызывают соответствующие изменения в почвенной среде и в конечном итоге влияют на продуктивность культуры. В таблицах 1, 2, 3, 4, 5, приводимых ниже, представлены показатели биологической активности, питательного режима почвы, урожайности зерна и качества продукции озимой пшеницы при использовании цеолита и удобрений на его основе обогащением аминокислотами и карбамидом.

### Обсуждение

Биологическая активность. В таблице 1 приведены показатели общей биологической активности почвенных организмов, определяемой достаточно информативным методом аппликации, который учитывает деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Целлюлоза (клетчатка) — наиболее распространенное углеродное соединение, синтез которого в масштабах биосферы очень высок и составляет более 50 % от всей синтезируемой органической массы. Поскольку в разложении целлюлозы участвуют многие группы почвенного микробиоценоза (истинные бактерии, миксобактерии и актиномицеты, а также грибная микрофлора), считается, что целлюлозоразрушающая активность может характеризовать общее биологическое состояние почвы [13].

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что при внесении в почву цеолита как в чистом виде, так и обогащенного аминокислотами и карбамидом, происходило значительное усиление активности почвенной микрофлоры под посевами озимой пшеницы на 9-18 %. Последнее, несомненно, обусловлено улучшением при этом структурного состояния почвы, что доказано во многих исследованиях [14]. Активность почвенных микроорганизмов в большей степени увеличивается при применении в качестве удобрения обогащенного аминокислотами и карбамидом цеолита, что обязано дополнительным поступлением в почву азота. Аминокислоты, имея маленький размер молекул (менее 10 ангстрем) и высокую биологическую активность ( $\text{COO}^-$ ,  $\text{NH}_3^+$ ), легко проникают в поры цеолита и также легко высвобождаются при внесении в почву, обогащая её доступным азотом, и, по видимому, активизируя деятельность микроорганизмов, отвечающих за трансформацию его из органических в неорганические (минераль-

Таблица 1

### Целлюлозоразрушающая активность почвы (чернозем типичный) под посевами озимой пшеницы

№	Вариант	Биологическая активность, %	Отклонение от контроля	
			% (абсолютные значения)	% (относительные значения)
1	Контроль (без удобрений)	28,2	-	-
2	Цеолит, 500 кг/га	36,8	+8,6	+23
3	Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	46,2	+18	+39
4	Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	45,8	+18	+38
5	НСП <sub>05</sub>	5,3		

Таблица 2

### Агрохимические показатели пахотного слоя (0-30 см) чернозема типичного под посевами озимой пшеницы (через месяц после внесения удобрений перед уходом в зиму)

№	Вариант	Содержание гумуса, %	pH <sub>KCl</sub>	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
1	Контроль (без удобрений)	4,51	6,6	8,7	6,4	147	176
2	Цеолит, 500 кг/га	4,52	6,7	9,1	6,8	159	183
3	Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	4,49	6,8	10,4	9,4	159	184
4	Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	4,48	6,6	11,6	9,7	153	181
5	НСП <sub>05</sub>	0,08	0,2	0,4	0,3	4	5

ные) формы ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), доступные растениям.

Питательный режим. Нет сомнения в том, что усиление деятельности почвенных микроорганизмов сопровождается улучшением питательного режима почвы. Однако влияние кремнийсодержащих удобрений на питание растений, прежде всего, связывают с положительным действием их на содержание доступного фосфора. Более того, доказано, что кремниевые соединения могут снизить потребность в фосфорных удобрениях на 30-50 % [9,15]. Было установлено, что ионы монокремниевых кислот

Таблица 3

Агрохимические показатели пахотного слоя чернозема типичного под посевами озимой пшеницы в среднем за вегетационный период

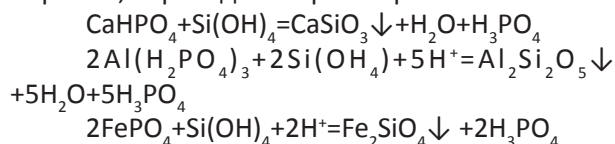
№	Вариант	Содержание гумуса, %	pH <sub>ксл</sub>	мг/кг		
				(N-NO <sub>3</sub> ) <sub>+</sub> (N-NH <sub>4</sub> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Контроль (без удобрений)	4,49	6,6	11,83	153	159
2	Цеолит, 500 кг/га	4,52	6,8	12,65	158	164
3	Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	4,53	6,7	13,94	161	165
4	Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	4,49	6,5	14,00	157	164
5	НСР <sub>05</sub>	0,07	0,1	0,59	5	6

Таблица 4

Влияние цеолита, а также обогащенного аминокислотами и карбамидом, на урожайность озимой пшеницы

№	Вариант	Урожайность, т/га			Отклонение от контроля	
		2019 г.	2020 г.	средняя	т/га	%
1	Контроль (без удобрений)	1,98	5,83	3,91	-	-
2	Цеолит, 500 кг/га	2,14	6,59	4,37	0,46	12
3	Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	2,31	7,84	5,08	1,17	30
4	Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	2,25	8,26	5,26	1,35	35
5	НСР <sub>05</sub>	0,10	0,33			

способны к замещению различных фосфат-анионов в труднодоступных соединениях и, таким образом, переводя их в растворимое состояние:



Как показали результаты исследований, изменения в содержании элементов питания в пахотном слое при внесении в почву цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом, возможны в самом начале вегетации. Важно отметить при этом повышение в пахотном слое доступных форм фосфора и калия, ко-

Таблица 5

Качество зерна пшеницы в зависимости от применения в технологии её возделывания экспериментальных удобрений

№	Вариант	Содержание, %					ИДК, единицы
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	белок	клейковина	
1	Контроль (без удобрений)	1,80	0,76	0,59	10,26	24,4	88
2	Цеолит, 500 кг/га	1,91	0,78	0,62	10,89	25,5	80
3	Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	2,15	0,84	0,66	12,26	26,8	75
4	Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	2,06	0,82	0,63	11,74	26,1	77

торые способствуют лучшей перезимовке озимых культур. Преимущество данных вариантов (с внесением обогащенного аминокислотами и карбамидом цеолита) сохранялось в течение всей вегетации культуры.

Особо следует остановиться на изменении реакции почвенного раствора (pH<sub>ксл</sub>) пахотного слоя при внесении цеолита в почву: проявилась достоверная тенденция к нейтрализации обменной кислотности. При этом в почве 2-го и 3-го вариантов сдвиг кислотности под посевами озимой пшеницы при дозе цеолита 500 кг/га составил 0,1-0,2 единиц. Учитывая, что доза цеолита невысокая (500 кг/га), следует признать несомненную нейтрализующую кислотность почвы способность цеолита. 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 составило 1,11 ед. pH [16]. Последнее обязано достаточно высокому содержанию в цеолите Юшанского месторождения Ульяновской области кальция и магния (17 %). Однако в четвертом варианте, где вносили цеолит совместно с мочевиной, наоборот, появилась тенденция к подкислению почвенного раствора. По нашему мнению, оно обязано карбамиду, который при внесении в почву под действием фермента уреазы, выделяемой уробактериями, быстро аммонифицируется, затем постепенно подвергается нитрификации с образованием азотной кислоты. На стадии нитрифи-

кации временное подщелачивание почвы сменяется сдвигом реакции в сторону подкисления.

Урожайность и качество продукции озимой пшеницы. При анализе данных таблицы 4 обращает на себя внимание 3-х кратная и более разница в урожайности зерна озимой пшеницы по годам проведения экспериментов. Данные подтверждают, какое большое значение в земледелии Поволжья имеет климатический фактор и как важно разрабатывать технологии, позволяющие максимально адаптироваться к складывающимся условиям вегетации. На урожайности озимой пшеницы 2019 г. сказались крайне неблагоприятные условия начала вегетации культуры. В связи с полным отсутствием осадков в течение длительного времени всходы появились только в начале октября, после первых дождей, неравномерные и изреженные. Тем не менее, внесение цеолита в почву в дозе 500 кг/га позволило лучше перезимовать растениям вследствие улучшения физико-химических свойств почвы и способности кремнистых пород (в данном случае цеолита) удерживать в пахотном слое влагу. Продуктивность культуры повысилась при этом на 11 %. Наиболее высокую в данных условиях урожайность наблюдали на вариантах с применением обогащенного аминокислотами и карбамидом цеолита: прибавка зерна с одного гектара составила 0,39 и 0,33 т/га соответственно.

Результаты опытов 2020 года подтвердили, что в условиях Среднего Поволжья при благоприятных условиях вегетации вполне реальна урожайность в 6-8 т/га: на контроле она составила 5,83 т/га. Основной почвенный покров в Ульяновской области представлен черноземами. В наших опытах озимая пшеница выращивалась на черноземе типичном с высоким содержанием доступных соединений фосфора и калия и нейтральной реакцией почвенного покрова. Однако содержание гумуса невысокое (4,6 %), следовательно, и — минеральных форм азота. Пшеница — требовательная к данному элементу культура, который определяет не только высоту урожая, но и качество продукции. Приведенные в таблице 2 и 3 результаты показывают, что внесение в почву цеолита через усиление деятельности почвенных микроорганизмов сопровождалось заметным повышением в пахотном слое минеральных форм азота. Так, в начале вегетации культуры содержание их в пахотном слое повысилось на 0,8-6,2 мг/кг и в среднем за вегетационный период поддерживалось на более высоком уровне, что определило и качество

продукции (табл. 5): обогащение цеолита аминокислотами и карбамидом обеспечивало лучшее по качеству зерно пшеницы.

Пищевые достоинства зерна пшеницы, главным образом, зависят от содержания белка и клейковины. Одним из важнейших факторов, влияющих на накопление белка и клейковины в зерне, являются удобрения (питательный режим). Белок - наиболее ценная часть пшеничного зерна. В наших опытах на контроле он составлял чуть более 10 %, что является невысоким показателем. Внесение в почву обогащенного аминокислотами цеолита сопровождалось повышением содержания белка на 2 % (почти на 20 относительных процента), что обусловлено увеличением при этом доступного растениям азота в пахотном слое и улучшением почвенной среды обитания растений.

Наряду с белком содержание клейковины - наиболее важный показатель, который определяет хлебопекарные свойства зерна пшеницы и питательную ценность хлебных изделий. Исследования показали, что применение обогащенного аминокислотами цеолита в технологии возделывания пшеницы способствовало повышению содержания клейковины на 2,4 % и которая составила 26,8 %. Последний соответствует второму классу качества, что является хорошим показателем в условиях, которые сложились в 2018-2019 вегетационном периоде пшеницы (на контроле сформировалась зерно третьего класса). Лучшее качество клейковины зерна по показателю ИДК (индикатор деформации клейковины) также наблюдали на варианте с применением обогащенного аминокислотами цеолита (первая группа качества составляет 45-75 единиц). На остальных вариантах сформировалось зерно с клейковиной второй группы качества.

Важнейшим показателем, отражающим условия выращивания культур наряду с продуктивностью, служит химический состав урожая, в частности, концентрация в зерне основных биологических макроэлементов - азота, фосфора и калия. Лабораторный анализ содержания данных элементов в зерне пшеницы показал преимущество при возделывании озимой пшеницы варианта с использованием в качестве удобрения обогащенного аминокислотами цеолита в дозе 500 кг/га.

#### **Заключение**

1. Внесение в почву (чернозем типичный среднесуглинистый) цеолита Юшанского месторождения Ульяновской области, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом,

оказало положительное влияние на деятельность почвенных микроорганизмов. При этом активность микрофлоры в почве под посевами озимой пшеницы увеличилась на 9-18 %.

2. Усиление биологической активности сопровождалось значительным улучшением питательного режима почвы: в среднем за вегетационный период содержание в пахотном слое минеральных форм азота превышало контроль на 0,82-2,17 мг/кг, подвижного фосфора на 5-8 мг/кг, обменного калия — на 5-6 мг/кг.

3. Исследования показали крайнюю уязвимость формирования урожайности сельскохозяйственных культур в лесостепи Поволжья от складывающихся климатических условий вегетационного периода и необходимость максимально адаптироваться к ним за счет агротехнических приемов. Применение при возделывании озимой пшеницы кремнистых пород, в данных экспериментах цеолита и удобрений на его основе с обогащением аминокислотами и карбамидом, позволило в среднем повысить урожайность зерна на 0,46-1,35 т/га, или на 12-35 % с улучшением качества продукции.

#### Библиографический список

1. Шеуджен, А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.И. Бондарева, С.В. Кизинюк — Майкоп: «Полиграф-Юг», 2013. - 572 с.
2. Захарова, Н.Н. Густота стояния стебле-стоя озимой мягкой пшеницы и составляющие её элементы в условиях лесостепи Поволжья / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, Т.Д. Грошева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018. - №3 (43). - С. 64-72.
3. Никитин, С.Н. Оценка эффективности применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья / С.Н. Никитин — Ульяновск: УлГТУ, 2017. - 316 с.
4. Куликова, А.Х. Эффективность применения диатомита и минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, Е.В. Данилова // Агрохимический вестник. - 2007. - №5. - С. 18-19.
5. Greger, M. Plant uptake of silicon nanoparticles / M. Greger, T. Landberg, S. Nazarian // 7<sup>th</sup> Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts. India. - 2017. - P. 40
6. Воронков, М.Г. Силатраны в медицине и сельском хозяйстве / М.Г. Воронков, В.П. Барышок — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. - 255 с.
7. Van Hoest, P. J. Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality / P. J. Van Hoest // Animal Feed Sci. Technol. - 2006. - V. 130. - P. 137-171.
8. Yamaji, N. A cooperative system of silicon transport in plants / N. Yamaji, N. Mitani-Veno, G. Sakurai, J.F. Ma // 7<sup>th</sup> Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts. India. - 2017. - P. 36.
9. Самсонова, Н.Е. Кремний в растениях и животных организмах / Н.Е. Самсонова // Агрохимия. - 2019. — № 1. — С. 86-96.
10. Куликова, А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур / А.Х. Куликова — Ульяновск, 2013. — 176 с.
11. Козлов, А.В. Эффективность кремний-содержащих веществ в оптимизации свойств и продуктивности почв Нижегородской области / А.В. Козлов, И.П. Уромова — М.: Изд-во «Фланта», 2017. - 156 с.
12. Дистанов, У.Г. Природные сорбенты и охрана окружающей среды / У.Г. Дистанов, Т.И. Конюхова // Химия с.-х. - 1990. - №9. - С. 35-39.
13. Емцев, В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н., Мишустин — М.: Издательство «Юрайт», 2016. - 445 с.
14. Арефьев, А.Н. Теоретическое обоснование и разработка приемов повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур в лесостепи Поволжья: дисс. на соискание уч. степени доктора с.-х. наук. 06.01.01/ Арефьев Александр Николаевич. - Пенза, 2017. - 417 с.
15. Матыченков, И.В. Взаимное влияние кремниевых, фосфорных и азотных удобрений в системе почва — растение: дисс... канд. биол. наук: 06.01.04 / Матыченков Иван Владимирович. - Москва, 2014. - 136 с.
16. Козлов, А.В. Стабилизация почвенно-поглощающего комплекса дерново-подзолистой почвы под действием цеолитной породы / А.В. Козлов, А.Х. Куликова, Р.Н. Румянцев // Экологический вестник Северного Кавказа. - 2020. - Т. 16. - №1. - С. 15-20.

## SILICEOUS ROCKS IN WINTER WHEAT FERTILIZER SYSTEM

**Kulikova A. Kh., Yashin E. A., Volkova E.S.**  
**FSBEI HE Ulyanovsk SAU**  
**432017, Ulyanovsk, Novy Venets boulevard 1,**  
**tel.: 8(8422) 55-95-68, e-mail: agroec@yandex.ru**

*Key words: siliceous rocks, zeolite, winter wheat, yield.*

The research was carried out on the experimental field of Ulyanovsk SAU named after P. A. Stolypin on a typical medium-loamy Chernozem with a humus content of 4.6 %, available phosphorus and potassium of 155 and 176 mg / kg, pHKCl 6,7 units. In the experiments winter wheat of Saratovskaya variety 17 was grown using zeolite from the Yushansky deposit in the Ulyanovsk region as a fertilizer and fertilizers based on it enriched with amino acids and urea. The scheme of experiment consisted of 4 variants: 1. Control (without fertilizers); 2. Pure zeolite 500 kg / ha; 3. Zeolite enriched with amino acids, 500 kg / ha; 4. Zeolite enriched with urea (at the rate of 40 kg a. r. per ha), 500 kg / ha. The accounting plot area is 20 m<sup>2</sup>, their placement is randomized, repetition is 4 times. The results of research have shown a positive effect of zeolite and fertilizers based on it on the activity of soil microorganisms, the nutritional regime of the soil, yield and product quality. It was found that when applying to the soil, the activity of soil microflora increases by 9-18 %, the content of mineral forms of nitrogen in the arable layer increases by 0.82-2.17 mg/kg, mobile phosphorus by 5-8 mg/kg, and exchange potassium by 5-6 mg/kg of soil. The latter was accompanied by an increase in yield of winter wheat grain: when applying zeolite in pure form by an average of 0.46 t/ha (12.1 %), zeolite enriched with amino acids by 1.17 t/ha (30 %), and zeolite enriched with urea by 1.35 t/ha (35 %).

### Bibliography

1. Sheudzhen, A.Kh. Agrochemical bases of fertilizer application / A.Kh. Sheudzhen, T.I. Bondareva, S.V. Kizinyuk — Maikop: «Poligraf-South», 2013. - 572 p.
2. Zakharov, N.N. Density of winter soft wheat stalks and its components in the conditions of the Volga forest-steppe / N.N. Zakharova, N.G. Zakharov, T.D. Grosheva // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. - 2018. - №3 (43). - P. 64-72.
3. Hikitin, S.N. Evaluation of the effectiveness of fertilizers, biopreparations and diatomite in the forest-steppe of the Middle Volga region / S.N. Nikitin — Ulyanovsk: UISTU, 2017. - 316 p.
4. Kulikova, A.Kh. Effectiveness of diatomite and mineral fertilizers in winter wheat cultivation technology / A.Kh. Kulikova, E.A. Yashin, E.V. Danilova // Agrochemical vestnik. - 2007. - №5. - P. 18-19.
5. Greger, M. Plant uptake of silicon nanoparticles / M. Greger, T. Landberg, S. Nazarian // 7<sup>th</sup> Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts. India. - 2017. - P. 40.
6. Voronkov, M.G. Silatranes in medicine and agriculture / M.G. Voronkov, V.P. Baryshok — Novosibirsk: Publishing house SB RAS, 2005. - 255 p.
7. Van Hoest, P.J. Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality / P.J. Van Hoest // Animal Feed Sci. Technol. - 2006. - V. 130. - P. 137-171.
8. Yamaji, N. A cooperative system of silicon transport in plants / N. Yamaji, N. Mitani-Veno, G. Sakurai, J.F. Ma // 7<sup>th</sup> Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts. India. - 2017. - P. 36.
9. Samsonova, N.E. Silicon in plants and animals / N.E. Samsonova // Agrochemistry. - 2019. - № 1. - P. 86-96.
10. Kulikova, A.Kh. Silicon and high-silicon rocks in fertilizer system of agricultural crops / A.Kh. Kulikova — Ulyanovsk, 2013. - 176 p.
11. Kozlov, A.V. Effectiveness of silicon-containing substances in optimizing soil properties and productivity in the Nizhny Novgorod region / A.V. Kozlov, I.P. Uromova — M.: Publishing house «Flinta», 2017. - 156 p.
12. Distanov, U.G. Natural sorbents and environmental protection / U.G. Distanov, T.I. Konyuhova // Chemistry of agriculture. - 1990. - №9. - P. 35-39.
13. Emtsev, V.T. Microbiology / V.T. Emtsev, E.N., Mishustin — M.: Publishing house «Urite», 2016. - 445 p.
14. Arefyev, A.N. Theoretical justification and development of methods for increasing soil fertility and crop productivity in the Volga forest-steppe: Diss. for the degree of doctor of agricultural sciences. 06.01.01/ Arefyev Aleksandr Nikolaevich. - Penza, 2017. - 417 p.
15. Matychenkov, I.V. Mutual influence of silicon, phosphorous and nitrogen fertilizers in the soil — plant system: Diss ... Cand. Biol. sciences:06.01.04 / Matychenkov Ivan Vladimirovich. - Moscow, 2014. - 136 p.
16. Kozlov, A.V. Stabilization of the soil-absorbing complex of sod-podzolic soil under the action of zeolite rock / A.V. Kozlov, A.Kh. Kulikova, R.N. Rumyantsev // Ecological Vestnik of North Caucasus. - 2020. - V. 16. - №1. - P. 15-20.