

УДК 631.893:633.15:631.559:631.445.4 DOI 10.18286/1816-4501-2023-2-69-75

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТА И УДОБРЕНИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУКУРУЗЫ И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ПОД ЕЕ ПОСЕВАМИ

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

Карпов Александр Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

Черкасов Михаил Сергеевич, 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: цеолит и удобрения на его основе, кукуруза, урожайность, баланс элементов питания.

В работе представлены результаты изучения влияния цеолита Юшанского месторождения Ульяновской области и удобрений на его основе, полученных обогащением аминокислотами и карбамидом, на урожайность зерна кукурузы и баланс основных элементов питания в черноземе выщелоченном под ее посевами. Исследования проводили в производственных условиях ООО «Родник» Мелекесского района в 2020-2022 гг. Схема опыта включала 14 вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2. Цеолит, 250кг/га; 3. Цеолит, 500кг/га; 4. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250кг/га; 5. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500кг/га; 6. Цеолит, обогащенный карбамидом, 250кг/га; 7. Цеолит, обогащенный карбамидом, 500кг/га; 8. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (NPK); 9. NPK + Цеолит, 250кг/га; 10. NPK + Цеолит, 500кг/га; 11. NPK + Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250кг/га; 12. NPK + Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500кг/га; 13. NPK + Цеолит, обогащенный карбамидом, 250кг/га; 14. NPK + Цеолит, обогащенный карбамидом, 500кг/га. Площадь учетной делянки составляла 60 м², размещение их - рендомизированное, повторность - 4-х кратная. Удобрения, в том числе цеолит, вносили под предпосевную культивацию. Анализы образцов почв осуществляли в аккредитованной лаборатории ФГБУ «САС «Ульяновская» по соответствующим гостированным методикам. Установили, что цеолит, внесенный в почву в чистом виде дозами 250 и 500 кг/га, способствовал повышению урожайности зерна кукурузы на 0,18 и 0,78 т/га соответственно. Обогащение цеолита аминокислотами и карбамидом обеспечило прибавку урожайности до 1,00 т/га. Применение цеолита и удобрений на его основе на фоне минеральных удобрений способствовало получению урожайности в среднем за 3 года от 7,43 до 8,46 т/га, что превышает контроль на 2,25-3,28 т/га. Без применения минеральных удобрений возделывание кукурузы сопровождалось резко отрицательной интенсивностью баланса, которая значительно улучшалась при использовании цеолита совместно с минеральными удобрениями.

Введение

Проблема устойчивого производства высокого качества и экологически безопасной сельскохозяйственной продукции является важнейшей, особенно в условиях санкционных ограничений. Следует отметить, она неразрывно связана с необходимостью сохранения плодородия почв – основополагающей составляющей не только успешного функционирования отраслей растениеводства, но и благополучия биосферы в целом.

В решении проблемы воспроизводства и сохранения плодородия почвы наиболее эф-

фективным приемом является внесение в почву органических удобрений, прежде всего, навоза. Однако в связи с ограниченностью запасов последнего и высокой затратностью его транспортировки и внесения, применение этого ценнейшего удобрения не имеет широкого масштаба. К сожалению, другие эффективные приемы биологизации земледелия, такие как использование в качестве удобрения соломы зерновых культур, сидерация также не получили широкого применения. Одним из перспективных подходов решения данной проблемы может стать применение в технологиях возделывания сель-

скохозяйственных культур так называемых нетрадиционных ресурсов, распространенных в природе минералов и пород с высоким содержанием кремния, в которых более половины его находится в аморфном (доступном) состоянии. Из них широко распространены диатомиты, трепелы, опоки, цеолиты и различные глины. Данные материалы отличаются уникальными кристалло-структурными характеристиками, в связи с этим высокими адсорбционной и ионообменной способностью, каталитической активностью [1]. Доказано комплексное положительное влияние их при внесении в почву на систему «почва-растение», прежде всего, как кремниевого удобрения [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Роль кремния в жизни живого и неживого велика, в том числе кремний повышает устойчивость иммунной системы растительного организма к любым стрессовым ситуациям таким, как болезни, вредители, насекомые, токсичные вещества, засуха и т.д. [9, 10]. Кремний - один из макроэлементов, необходимых растениям так же, как азот, фосфор, калий и являющийся при его дефиците доступных соединений в почвах, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур фактором жизни [4, 10, 11, 12]. Кремний и его соединения улучшают физическое, биологическое, химическое состояние почв [11, 12, 13].

Даже неполное в данном случае перечисление функций кремния в почвах и растениях определяет необходимость применения кремневых удобрений, поскольку дефицит доступного кремния возможен на любых почвах в связи с безвозвратным отчуждением его с урожаем культур: ежегодный вынос Si урожаем достигает 210-220 млн. тонн и более [14].

В современных условиях резкого снижения уровня применения удобрений из-за высокой их стоимости происходит постепенная деградация почвенного покрова. В связи с этим все большее значение приобретают исследования процессов изменений, которые происходят в почве при внесении удобрений. Последнее позволяет прогнозировать направленность и интенсивность этих процессов с целью с одной стороны обеспечить высокую продуктивность культур, с другой – сохранение плодородия почвы. Одним из объективных показателей сбалансированности данных изменений (процессов) является баланс основных элементов питания. Проблема баланса минеральных элементов в последние годы стала еще более актуальной в связи (как уже отмечалось) с резким снижением

доз внесения удобрений [15].

На основе вышеизложенного целью наших исследований являлось изучение эффективности цеолита Юшанского месторождения Ульяновской области и удобрений на его основе при возделывании кукурузы и влияния их на баланс трех ключевых элементов: азота, фосфора и калия в почве под ее посевами.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в производственных условиях ООО «Родник» Мелекесского района Ульяновской области в течение 2020-2022 гг. Объектами их являлись:

- цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области, который содержит, %: SiO₂ общ 56,6; SiO₂ аморф. 26,71; Al₂O₃ 6,15; Fe₂O₃ 2,34; CaO 13,31; K₂O 1,25; MgO 1,9; P₂O₅ 0,23; SO₃ 0,5. Ионообменная способность его высокая и составляет 93 мг-экв/100 г. 86-88 % в обмене принадлежит кальцию. Водоудерживающая способность достигает 96 %;

- цеолит, обогащенный аминокислотами (аспаргиновая кислота, глутаминовая кислота, серин, гистидин, глицин, треонин, аргинин, тирозин, цистин, валин, метионин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин, пролин);

- цеолит, обогащенный карбамидом, содержание азота 46 %;

- почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с низким содержанием гумуса (3,5 %), с повышенным - доступного фосфора и высоким калием (127 и 182 мг/кг соответственно), слабокислой реакцией почвенной среды (рН_{ксл} 5,1 единиц);

- минеральное удобрение азофоска (N₁₆P₁₆K₁₆);

- кукуруза – гибрид MAS 10.

Полевой опыт включал следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений)(К); 2. Цеолит (Ц), 250 кг/га; 3. Цеолит (Ц), 500 кг/га; 4. Цеолит, обогащенный аминокислотами (ЦА), 250 кг/га; 5. Цеолит, обогащенный аминокислотами (ЦА), 500 кг/га; 6. Цеолит, обогащенный карбамидом (ЦК), 250 кг/га; 7. Цеолит, обогащенный карбамидом (ЦК), 500 кг/га; 8. N₆₀P₆₀K₆₀ (NPK); 9. NPK + Цеолит (Ц), 250 кг/га; 10. NPK + Цеолит (Ц), 500 кг/га; 11. NPK + Цеолит, обогащенный аминокислотами (ЦА), 250 кг/га; 12. NPK + Цеолит, обогащенный аминокислотами (ЦА), 500 кг/га; 13. NPK + Цеолит, обогащенный карбамидом (ЦК), 250 кг/га; 14. NPK + Цеолит, обогащенный карбамидом (ЦК), 500 кг/га.

Опыт осуществляли со строгим соблюдением методических требований: учетная пло-

Таблица 1

Влияние цеолита и удобрений на его основе на урожайность зерна кукурузы

Вариант	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля, +/-		
	2020	2021	2022	средняя	т/га	%	
К (без удобрений)	5,42	4,58	5,53	5,18	-	-	
Ц, 250кг/га	5,57	4,87	5,64	5,36	+0,18	4	
Ц, 500кг/га	6,22	5,52	6,15	5,96	+0,78	15	
ЦА, 250кг/га	6,29	5,89	6,35	6,18	+1,00	19	
ЦА, 500кг/га	6,48	5,45	6,50	6,14	+0,96	19	
ЦК, 250кг/га	6,31	5,29	6,22	5,94	+0,76	15	
ЦК, 500кг/га	6,51	5,50	6,45	6,15	+0,97	19	
NPK	7,63	6,54	7,65	7,27	+2,09	40	
NPK + Ц, 250кг/га	7,79	6,48	7,75	7,34	+2,16	42	
NPK + Ц, 500кг/га	8,14	7,20	8,20	7,84	+2,66	51	
NPK + ЦА, 250кг/га	7,94	6,85	7,85	7,55	+2,37	46	
NPK + ЦА, 500кг/га	8,95	7,68	8,75	8,46	+3,28	63	
NPK + ЦК, 250кг/га	7,82	6,72	7,76	7,43	+2,25	43	
NPK + ЦК, 500кг/га	8,76	7,64	8,82	8,41	+3,22	62	
НСР ₀₅	Фактор А	0,32	0,33	0,29	0,23	-	-
	Фактор В	0,38	0,37	0,37	0,13	-	-

щадь делянки составляла 60 м², размещение их - случайное (рендомизированное), повторность- 4-х кратная. Удобрения, в том числе цеолит, вносили под предпосевную культивацию. Анализы образцов почв и растений осуществляли в аккредитованной лаборатории «САС «Ульяновская» по соответствующим гостированным методикам.

Результаты исследований

В таблице 1 представлена урожайность зерна кукурузы в зависимости от применения в технологии ее возделывания экспериментальных удобрений, в последующих таблицах – результаты расчета баланса основных элементов питания (NPK) под ее посевами.

Обсуждение

Применение цеолита в чистом виде дозой 250 кг/га в качестве кремниевого удобрения в среднем за 3 года обеспечило повышение урожайности зерна кукурузы на 0,18 т/га, в отдельные годы прибавка ее доходила до 0,29 т/га (2021г). Удвоение дозы цеолита сопровождалось прибавкой урожайности зерна на 0,78 т/га (в 2021 г. на 0,94 т/га), что подтверждает высокую отзывчивость культуры на кремниевое удобрение. По данным А.В. Кудряшова [17] содержание водорастворимого кремния в почве опытного поля составляет 31-32 мг/кг, что соответствует по градации В.В. Матыченкова [9] низкому уровню дефицита. При этом необходимо отметить, что кукуруза является одной из самых кремниелюбивых культур. Высокая потребность ее в данном элементе (также как азоте, фосфоре, калии) обусловлена тем, что она относится к растениям фотосинтетического цикла Хетча-Слэка (C₄), для которых характерна высокая скорость фотосинтеза и соответственно высокая продуктивность. В связи с этим требования кукурузы к минеральному питанию повышенные. Как установлено рядом авторов, а также в наших исследованиях, кремниевые вещества оказывают положительное влияние на агро- и водно-физические свойства почвы. При этом улучшается структурное состояние и строение пахотного слоя, плотность ее приобретает оптимальное для культур значение. Последнее обусловлено способностью поликремниевых кислот склеивать почвенные частицы в структурные отдельности [13, 18, 19]. Оптимизация физического состояния почвы сопровождается повышением активности почвенных микроорганизмов и улучшением питательного режима почвы и, соответственно, формированием более высокой урожайности культур.

Обогащение цеолита как аминокислотами, так и карбамидом обеспечило прибавку зерна кукурузы в среднем за 3 года до 1,0 тонны на одном гектаре. Последнее подтверждает литературные сведения о необходимости применения кремнистых пород, прежде всего, совместно с азотом в связи с тем, что породы данный элемент не содержат [16].

Как уже отмечалось, кукуруза высокоурожайная и требовательная к плодородию почвы культура и закономерно, что возделывание ее с применением полной дозы минеральных удобрений (N₆₀P₆₀K₆₀) обеспечило формирование урожайности в среднем за 3 года на уровне 7,27 т/га, что превышает контроль на 2,09 т/га. Однако при применении их совместно с цеолитом и удобрениями на его основе урожайность зерна сформировалась на уровне от 7,34 (NPK + цеолит, 250 кг/га) до 8,46 т/га (NPK + цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га). Последний вариант превышает контроль на 3,28 т/га, или на 63 %. Такая высокая эффективность обусловлена высоким уровнем питания растений кукурузы при совместном внесении в почву полных доз минеральных удобрений и доступных кремниевых соединений в составе цеолита, а также синергизмом их взаимовлияния [18].

Таблица 2

Баланс элементов питания под посевами кукурузы в зависимости от применения удобрений (средний за 2020-2022 гг.)

Вариант	Баланс, кг/га								
	N*			P ₂ O ₅ **			K ₂ O***		
	приход	расход	баланс	приход	расход	баланс	приход	расход	баланс
К (без удобрений)	21,3	184,8	-163,5	4,5	92	-87,5	16,2	127,6	-111,4
Ц, 250кг/га	21,7	190,2	-168,5	4,6	93,8	-89,2	16,6	131,20	-114,6
Ц, 500кг/га	22,9	208,2	-185,3	5,2	99,8	-94,7	18,1	143,2	-125,1
ЦА, 250кг/га	23,4	214,8	-191,4	5,3	102	-96,7	18,7	147,6	-128,9
ЦА, 500кг/га	23,3	213,6	-190,3	5,3	101,6	-96,3	18,6	146,8	-128,2
ЦК, 250кг/га	22,9	207,3	-184,4	5,1	99,5	-94,4	18,0	142,6	-124,6
ЦК, 500кг/га	23,3	213,9	-190,6	5,3	101,7	-96,4	18,6	147	-128,4
НПК	85,7	247,5	-161,8	66,2	112,9	-46,7	81,4	169,4	-88,0
НПК + Ц, 250кг/га	85,9	250,5	-164,6	66,3	113,9	-47,6	81,7	171,4	-89,7
НПК + Ц, 500кг/га	86,9	264,9	-178,0	66,7	118,7	-52,0	82,9	181	-98,1
НПК + ЦА, 250кг/га	86,3	255,9	-169,6	66,5	115,7	-49,2	82,2	175	-92,9
НПК + ЦА, 500кг/га	88,2	283,2	-195,0	67,3	124,8	-57,6	84,4	193,2	-108,8
НПК + ЦК, 250кг/га	86,0	252,3	-166,3	66,4	114,5	-48,1	81,9	172,6	-90,8
НПК + ЦК, 500кг/га	88,1	281,7	-193,6	67,2	124,3	-57,1	84,3	192,2	-107,9

*Приход азота в почву: посевной материал, минеральные удобрения, несимбиотическая фиксация азота, атмосферные осадки; расход азота: вынос элементов питания с урожаем, потери их за счет вымывания, потери азота вследствие денитрификации, газообразные и технологические потери.

**Приход фосфора: посевной материал, минеральные удобрения; расход фосфора: вынос питательных веществ с урожаем, технологические потери, закрепление почвой фосфора удобрений в труднодоступное состояние.

***Приход калия: посевной материал, минеральные удобрения, атмосферные осадки; расход калия: вынос питательных веществ с урожаем, потери питательных веществ за счет вымывания, технологические потери, закрепление почвой калия удобрений в необменное состояние.

Таблица 3

Интенсивность баланса элементов питания в черноземе выщелоченном в зависимости от применения удобрений

Вариант	Интенсивность баланса, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
К (без удобрений)	11,54	4,88	12,68
Ц, 250кг/га	11,40	4,95	12,67
Ц, 500кг/га	11,02	5,16	12,67
ЦА, 250кг/га	10,90	5,23	12,67
ЦА, 500кг/га	10,92	5,22	12,67
ЦК, 250кг/га	11,04	5,15	12,63
ЦК, 500кг/га	10,91	5,22	12,67
НПК	34,61	58,67	48,07
НПК + Ц, 250кг/га	34,28	58,24	47,65
НПК + Ц, 500кг/га	32,80	56,22	45,80
НПК + ЦА, 250кг/га	33,71	57,46	46,94
НПК + ЦА, 500кг/га	31,13	53,89	43,71
НПК + ЦК, 250кг/га	34,09	57,97	47,42
НПК + ЦК, 500кг/га	31,26	54,06	43,87

Что касается удобрений, полученных обогащением аминокислотами или карбамидом, эффективность их применения одинаковая.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали высокую эффективность цеолита как кремниевого удобрения и возможность значительного ее усиления обогащением аминокислотами и карбамидом.

При производстве сельскохозяйственной продукции необходимо обеспечить воспроизводство плодородия почвы и поддержание его на соответствующем уровне. К сожалению, во многих регионах России (в том числе Ульяновской области) показатели плодородия почвы существенно ухудшились. Последнее, прежде всего, касается агрохимических показателей, обусловленных систематическим отчуждением элементов питания с урожаем культур. Последнее сопровождается нарушением их баланса и, соответственно, снижением почвенного плодородия. Баланс элементов питания в почве является одним из объективных показателей изменения плодородия почвы, тем более важно учитывать его при применении различных технологий возделывания культур, особенно с использованием удобрений.

Под балансом питательных веществ понимают количественное выражение содержания

элементов питания в почве с учетом всех статей поступления и расхода их в течение определенного периода времени. Источниками поступления элементов питания являются удобрения (минеральные и органические), посевной или посадочный материалы, атмосферные осадки, несимбиотическая фиксация азота. Расходную часть составляют: вынос питательных элементов сельскохозяйственными культурами, потери их из удобрений за счет вымывания, газообразные потери азота в результате денитрификации, потери из удобрений вследствие эрозии почвы, закрепления почвой фосфора и калия удобрений в труднодоступное состояние, технологические потери. Расчеты баланса азота, фосфора и калия в черноземе выщелоченном опытного поля (ООО «Родник») при использовании экспериментальных удобрений с учетом всех статей прихода и расхода каждого элемента питания представлены в таблицах 2 и 3.

Кукуруза - высокоурожайная культура: в условиях ООО «Родник» урожайность в среднем за 3 года составляла от 5,18 до 8,46 т/га. При этом вынос азота с урожаем (включая побочную продукцию) составил от 184,8 кг/га (контроль) до 283,2 кг/га (NPK + цеолит, обогащенный аминокислотами 500 кг/га), соответственно фосфора от 92 до 124,8 кг/га, калия от 127,6 до 193,2 кг/га. В связи с этим баланс всех элементов питания на контроле и вариантах с внесением цеолита и удобрений на его основе создавался отрицательным: от -163,5 до -195,0 кг/га по азоту, от -46,7 до -96,7 кг/га по фосфору и от -90,8 до -111,4 кг/га по калию. В связи с этим интенсивность баланса элементов питания, (отношение прихода элементов к их выносу, выраженное в процентах) без применения минеральных удобрений была резко отрицательной по всем трем элементам и составляла от 5 по фосфору до 13 % - по калию. Последнее обусловлено тем, что вынос элементов питания культурой с учетом основной и побочной продукции значительно превышает приход их в почвенную среду и только при внесении минеральных удобрений и на их фоне цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом, интенсивность баланса существенно улучшалась и составила по азоту 31-35 %, по фосфору - 54-59 %, по калию - 44-48 %. Таким образом, результаты исследований показали, что даже при применении удобрений в технологии возделывания кукурузы суммарное поступление элементов питания в почву при этом не возмещает их расход на формирование урожайности культуры. Последнее обуславливает необходимость дальнейших ис-

следований по устранению дефицита элементов питания при возделывании такой интенсивной и высокоурожайной культуры, как кукуруза.

Заключение

1. Цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области оказал значительное положительное влияние на урожайность зерна кукурузы: при применении его в чистом виде с дозой 250 кг/га прибавка ее составляла 0,18 т/га, при удвоении дозы - до 500 кг/га – 0,78 т/га. Обогащение цеолита аминокислотами и карбамидом обеспечило прибавку урожайности до 1,00 т/га. Применение цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом, совместно с минеральными удобрениями обеспечило получение в среднем за 3 года в производственных условиях ООО «Родник» от 7,43 до 8,46 т/га зерна кукурузы, превышающего контрольный вариант на 2,25-3,28 т/га.

2. Интенсивность баланса элементов питания (NPK) в черноземе выщелоченном под посевами кукурузы без применения минеральных удобрений была резко отрицательной и составляла: по азоту- 11 %, фосфору- 5 %, калию - 13 %. Значительное улучшение интенсивности баланса наблюдалось при использовании цеолита и удобрений на его основе совместно с NPK: до 31-35 % по азоту, 54-59 % по фосфору и 44-48 % по калию.

Библиографический список

1. Дистанов, У. Г. Природные сорбенты и охрана окружающей среды / У. Г. Дистанов, Т. П. Конохова // Химия в сельском хозяйстве. - 1990. – № 9. – С. 35-39.
2. Яшин, Е. А. Эффективность использования диатомита и его смесей с куриным пометом в качестве удобрений сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья: спец. 06.01.04: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Яшин Евгений Александрович; Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева. – Саранск, 2004. – 18 с.
3. Козлов, Ю. В. Использование соединений кремния при выращивании зерновых культур / Ю. В. Козлов, Н. Е. Самсонова // Плодородие. – 2009. – № 6. – С. 20-22.
4. Бочарникова, Е. А. Кремнистые удобрения и мелиоранты: история изучения, теория и практика применения / Е. А. Бочарникова, В. В. Матыченков, И. В. Матыченков // Агрохимия. – 2011. – № 7. – С. 84 – 96.

5. Эффективность природного высококремнистого цеолита при выращивании кукурузы в условиях западной части Центрального Нечерноземья / Н. Е. Самсонова, Ю. В. Козлов, М. В. Капустина [и др.] // *Агрохимия*. – 2016. – № 3. – С. 23-31.

6. Understanding the dynamics of silicon in plant and soil are essential for establishing silicon fertilization guidelines / B. Tubana, T. Babu, B. White, F. Agostinho, W. Paye, L. Datnoff // 7th Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. Abstracts. India. - 2017. - P. 10.

7. Zeolite efficiency in the fertilization system of spring wheat / A. Kh. Kulikova, E. A. Yashin, N. G. Zakharov, A. V. Kozlov, A. L. Toigildin // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. - 2018. – V. 9, № 1. - P. 144-148.

8. Artyszak, A. Effect of Silicon Fertilization on Crop Yield Quantity and Quality-A / A. Artyszak // *Literature Review in Europe. Plants (Basel)*. – 2018. - № 7(3). – P. 54. - doi: 10.3390/plants7030054.

9. Матыченков, В. В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение : спец. 03.00.1203.00.27 : диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Матыченков Владимир Викторович ; Институт фундаментальных проблем биологии РАН. – Пушкино, 2008. – 313 с.

10. Пашкевич, Е. Б. Роль кремния в питании растений и в защите сельскохозяйственных культур от патогенов / Е. Б. Пашкевич, Е. П. Кирюшин // *Проблемы агрохимии и экологии*. - 2008. – № 2. – С. 52-57.

11. Козлов, А. В. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих пород в агроэкосистемах / А. В. Козлов, А. Х. Куликова, Е. А. Яшин // *Вестник Мининского университета*. – 2015. – № 4. – С. 13 – 27.

12. Козлов, А. В. Роль кремниевых соединений и пород в функционировании почвенно-поглощающего комплекса и микробно-ферментной системы дерново-подзолистой почвы : спец. 03.02.12 : диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук / Козлов Андрей Владимирович ; ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязе-

ва. – Москва, 2022. – 508 с.

13. Куликова, А. Х. Кремний и высококремнистых пород в системе удобрения сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова. – Ульяновск : Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина, 2013. – 175 с. – ISBN 978-5-905970-04-7.

14. Матыченков, В. В. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву / В. В. Матыченков, Е. А. Бочарникова, Я. М. Аммосова // *Агрохимия*. – 2002. – № 2. – С. 86 – 93.

15. Сидорова, Н. Ю. Рынок минеральных удобрений: проблемы, перспективы / Н. Ю. Сидорова // *Экономика сельского хозяйства. Реферативный журнал*. – 2010. – № 1. – С. 182.

16. Куликова, А. Х. Кремнистые породы в системе удобрений сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова, А. В. Карпов, Е. А. Яшин. – Ульяновск, 2020. – 176 с.

17. Кудряшов, А. В. Эффективность применения диатомита, кремнистых комплексов на его основе и минеральных удобрений при возделывании сахарной свеклы в условиях Среднего Поволжья : спец. 06.01.04 : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кудряшов Алексей Владимирович. – Ульяновск, 2012. – 150 с.

18. Матыченков, И. В. Взаимное влияние кремниевых, фосфорных и азотных удобрений в системе «почва-растение»: спец. 06.01.04: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Матыченков Иван Владимирович; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Факультет почвоведения. – Москва, 2014. - 196 с.

19. Norton, L. D. Mineralogy of high calcium. Sulfur containing code combustion by – products and their effect on soil surface sealing / L. D. Norton // *Agriculture utilization of urban and Industrial by – products; Proced. Sump. sponsored by Division S–6 and 5–7 of the Science Soc. Am. and A–S of the AM. Soc. Agron. in Cincinnati Ohio, 7–12 Nov. 1993. ASA SpecialPublication Number*. – 1995. – 58. - P. 87–106.

INFLUENCE OF ZEOLITE AND ZEOLITE - BASED FERTILIZERS ON CORN YIELD AND BALANCE OF NUTRIENTS IN LEACHED BLACK SOIL UNDER CORN CROPS

Kulikova A. Kh., Karpov A. V., Cherkasov M. S.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ulyanovsk State Agrarian University
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, corn, productivity, balance of nutrients.

The article presents results of study of the effect of zeolite from Yushansky deposit of Ulyanovsk region and fertilizers based on it, which are obtained by enrichment with amino acids and carbamide, on yield of corn grain and balance of basic nutrients in leached black soil under corn. The research was carried out in the production conditions of OOO Rodnik, in Melekessky district in 2020-2022. The scheme of the experiment included 14 variants: 1. Control (without fertilizers); 2. Zeolite, 250kg/ha; 3. Zeolite, 500kg/ha; 4. Zeolite enriched with amino acids, 250kg/ha; 5. Zeolite enriched with amino acids, 500kg/ha; 6. Zeolite enriched with carbamide, 250kg/ha; 7. Zeolite enriched with carbamide, 500kg/ha; 8. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (NPK); 9. NPK + Zeolite, 250kg/ha; 10. NPK + Zeolite, 500kg/ha; 11. NPK + Zeolite enriched with amino acids, 250kg/ha; 12. NPK + Zeolite enriched with amino acids, 500kg/ha; 13. NPK + Zeolite enriched with carbamide,

250kg/ha; 14. NPK + zeolite enriched with carbamide 500kg/ha. The area of the record plot was 60 m², the placement was randomized, the repetition was four-fold. Fertilizers, including zeolite, were applied for presowing cultivation. Soil samples were analyzed in an accredited laboratory of the Federal State Budgetary Institution "Agrochemical Service Station "Ulyanovskaya" according to the corresponding standardized methods. It was found that the zeolite introduced into the soil in pure form at the doses of 250 and 500 kg/ha contributed to an increase of corn grain yield by 0.18 and 0.78 t/ha, respectively. The enrichment of zeolite with amino acids and carbamide provided an increase of yield up to 1.00 t/ha. Application of zeolite and fertilizers based on it against the background of mineral fertilizers contributed to an average yield of 7.43 to 8.46 t/ha over 3 years, which exceeds the control by 2.25-3.28 t/ha. Corn cultivation was accompanied by a sharply negative balance intensity without application of mineral fertilizers, which improved significantly when zeolite was used in combination with mineral fertilizers.

Bibliography:

1. Distanov, U. G. Natural sorbents and environmental protection / U. G. Distanov, T. P. Konyukhova // *Chemistry in agriculture*. - 1990. - № 9. - P. 35-39.
2. Yashin, E. A. Efficiency of using diatomite and its mixtures with chicken manure as fertilizers for agricultural crops on leached lack soil of the Middle Volga region: spec. 06.01.04: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences / Yashin Evgeny Aleksandrovich; Mordovian State University named after N.P. Ogaryov. - Saransk, 2004. - 18 p.
3. Kozlov, Yu. V. The application of silicon compounds in cultivation of grain crops / Yu. V. Kozlov, N. E. Samsonova // *Soil Fertility*. - 2009. - № 6. - P. 20-22.
4. Bocharnikova, E.A. Siliceous 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.
5. Efficiency of natural high-silicious zeolite in corn cultivation in the conditions of the western part of the Central Non-Black soil region / N. E. Samsonova, Yu. V. Kozlov, M. V. Kapustina [and others] // *Agrochemistry*. - 2016. - № 3. - P. 23-31.
6. Understanding the dynamics of silicon in plant and soil are essential for establishing silicon fertilization guidelines / B. Tubana, T. Babu, B. White, F. Agostinho, W. Paye, L. Datnoff // 7th Inter. Conf. Silicon Agricult. Proced. abstracts. India. - 2017. - P. 10.
7. Zeolite efficiency in the fertilization system of spring wheat / A. Kh. Kulikova, E. A. Yashin, N. G. Zakharov, A. V. Kozlov, A. L. Toigildin // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. - 2018. - V. 9, № 1. - P. 144-148.
8. Artyszak, A. Effect of Silicon Fertilization on Crop Yield Quantity and Quality-A / A. Artyszak // *Literature Review in Europe. Plants (Basel)*. - 2018. - № 7 (3). - P. 54. - doi: 10.3390/plants7030054.
9. Matychenkov, V.V. The role of mobile silicon compounds in plants and the soil-plant system: spec. 03.00.1203.00.27: Thesis for the degree of Doctor of Biological Sciences / Matychenkov Vladimir Viktorovich; Institute of Fundamental Problems of Biology of RAS. - Pushchino, 2008. - 313 p.
10. Pashkevich, E. B. The role of silicon in plant nutrition and protection of agricultural crops from pathogens / E. B. Pashkevich, E. P. Kiryushin // *Problems of agrochemistry and ecology*. - 2008. - № 2. - P. 52-57.
11. Kozlov, A. V. The role and influence of silicon and silicon-containing rocks in agroecosystems / A. V. Kozlov, A. Kh. Kulikova, E. A. Yashin // *Vestnik of Minin University*. - 2015. - № 4. - P. 13 - 27.
12. Kozlov, A. V. The role of silicon compounds and rocks in functioning of the soil-absorbing complex and the microbial-enzymatic system of soddy-podzolic soil: spec. 03.02.12: dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences / Andrey Vladimirovich Kozlov; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. - Moscow, 2022. - 508 p.
13. Kulikova, A. Kh. Silicon and high-silicon rocks in the fertilizer system of agricultural crops / A. Kh. Kulikova. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin, 2013. - 175 p. - ISBN 978-5-905970-04-7.
14. Matychenkov, V. V. Effect of silicon fertilizers on plants and soil / V. V. Matychenkov, E. A. Bocharnikova, Ya. M. Ammosova // *Agrochemistry*. - 2002. - № 2. - P. 86 - 93.
15. Sidorova, N. Yu. The market of mineral fertilizers: problems, prospects / N. Yu. Sidorova // *Economics of agriculture. Reference journal*. - 2010. - № 1. - P. 182.
16. Kulikova, A. Kh. Siliceous rocks in the fertilizer system of agricultural crops / A. Kh. Kulikova, A. V. Karpov, E. A. Yashin. - Ulyanovsk, 2020. - 176 p.
17. Kudryashov, A. V. The application effectiveness of diatomite, siliceous complexes based on it and mineral fertilizers in cultivation of sugar beetroot in the conditions of the Middle Volga region: spec. 06.01.04: dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences / Kudryashov Aleksey Vladimirovich. - Ulyanovsk, 2012. - 150 p.
18. Matychenkov, I. V. Mutual influence of silicon, phosphorus and nitrogen fertilizers in the "soil-plant" system: spec. 06.01.04: dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences / Matychenkov Ivan Vladimirovich; Moscow State University named after M.V. Lomonosov. Faculty of Soil Science. - Moscow, 2014. - 196 p.
19. Norton, L. D. Mineralogy of high calcium. Sulfur containing code combustion by – products and their effect on soil surface sealing / L. D. Norton // *Agriculture utilization of urban and Industrial by – products; Proced. Sump. sponsored by Division S-6 and 5-7 of the Science Soc. Am. and A-S of the AM. soc. Agron. in Cincinnati Ohio, 7-12 Nov. 1993. ASA Special Publication Number*. - 1995. - 58. - P. 87-106.