

УДК 635.21.631.81.031.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР В ТРЕХПОЛЬНОМ СЕВООБОРОТЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ ЦЕОЛИТА

Н.И. Ряховская, д.с.-х.н., В.В. Гайнатулина, к.с.-х.н., М.А. Макарова, Камчатский НИИСХ

Изучена реакция картофеля на внесение цеолита вразброс совместно с минеральными удобрениями на легких вулканических почвах Камчатки. Приведена динамика изменения агрохимических показателей почвы в результате ионообменных процессов, определены эффективные дозы цеолита при разбросном внесении. Установлено положительное влияние цеолита на урожайность картофеля и овса на зеленый корм в последствии двух лет.

Ключевые слова: цеолит-клиноптилолит, вулканические почвы, трехпольный севооборот.

Природные цеолиты широко применяют в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства. Достаточная сырьевая база цеолитовых туфов на Камчатке и их высокая обменно-сорбционная способность позволяют рассматривать клиноптилолит, как средство оптимизации использования удобрений, снижения потерь азота в земледелии, загрязнения окружающей среды и сельскохозяйственной продукции. Большинство исследований в различных почвенно-климатических зонах дали положительные результаты по применению цеолитов [1, 2]. В Камчатском крае эффективно использование цеолита локально в трехпольном севообороте под первую культуру – картофель, а также в овощном севообороте при локальном и сплошном внесении совместно с минеральными удобрениями [3]. Установлено, что цеолит служит надежным гарантом сохранения минеральных удобрений в пахотном горизонте. Это позволяет сократить потери их в почве от вымывания и получить прибавку к урожаю в последствии [4,5].

В Камчатском крае значительные запасы цеолитовых пород (клиноптилолит), что делает актуальным изучение их действия на почву и сельскохозяйственную продукцию.

Цель исследований – изучить и определить эффективные дозы применения цеолита при разбросном внесении в трехпольном картофельном севообороте в условиях Камчатского края.

Методика. Исследования проводили на опытном поле Камчатского НИИ сельского хозяйства в 2005-2008 гг. Полевые опыты закладывали на охристо-вулканической почве со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,6%, NH_4 – 6,8; P_2O_5 – 8,1; K_2O – 11 мг/100 г почвы; гидролитическая кислотность – 3,82; обменная – 0,075; Ca – 6,0 мг-экв/100 г почвы; Al и Mg отсутствуют; почва с низкой обеспеченностью кобальтом – 0,6 мг/кг; молибденом – 0,1; средней обеспеченностью марганцем – 59,5; цинком – 2,6; железом – 16,00; высокой обеспеченностью медью – 6,0 мг/кг почвы. Использовали цеолит-клиноптилолит из местных месторождений. Фракция цеолита 1-3 мм. Химический состав цеолита Ягоднинского месторождения (%)- SiO_2 – 68,4, TiO_2 – 0,03, Al_2O_3 – 11,15, FeO – 0,04, CaO – 2,15, MgO – 0,36, BaO – 0,07, Na₂O – 0,69, P_2O_5 – 0,038, K_2O – 4,25, прочие – 12,89 [6].

В первом поле севооборота под картофель вносили цеолит сплошным способом под дискование в дозах 10 и 20 т/га, на эти фоны локально в борозды вносили минеральное удобрение в дозах $(\text{NPK})_{120}$, $(\text{NPK})_{90}$, $(\text{NPK})_{60}$, $\text{N}_{120}(\text{PK})_{90}$. За контроль принят вариант без удобрений, за хозяйственный контроль – $(\text{NPK})_{120}$. Исследования проводили в полевом опыте. Площадь делянки 25 м², повторность опыта четырехкратная. Клубни картофеля сорта Солнышко высаживали в первой декаде июня по схеме 70 x 30 см. Обработку почвы и уход за посадками проводили по технологии возделывания картофеля, рекомендованной для Камчатского края. Посев овса осуществляли в первых числах июня без внесения NPK. Сорт овса Соболек.

Учеты и наблюдения проводили согласно методике исследований ВНИИКХ по культуре картофеля [7]. Данные исследований обработаны методом дисперсионного анализа [8].

Периоды вегетации растений в годы проведения исследований различались. Наиболее благоприятные условия сложились в 2005 и 2008 г. Температурный режим вегетационного периода был теплее многолетнего. Сумма положительных температур выше 10°C в 2005 г. составила 1196°C, что на 104°C выше многолетнего показателя, в 2006 г., соответственно, 1314 и 222°C. 2006 г. был более засушливым по сравнению с 2005 г. Однако осадков в период клубнеобразования выпало достаточно для формирования высокого урожая. Для 2007 г. характерны более низкий термический режим и обилие осадков. Сумма активных температур за вегетацию была ниже на 166°C, что отрицательно сказалось на формировании урожая картофеля. 2008 г. характеризовался высоким температурным режимом с умеренным количеством осадков и высокой влажностью.

Результаты и их обсуждение. Данные исследования выявили изменения агрохимических показателей почвы под действием цеолита и минеральных удобрений. Исходная характеристика почвы в начале севооборота соответствовала среднему содержанию подвижного фосфора, обменного калия (8,65-10,70; 8,87-10,05 мг/100 г) и нитратного азота (1,4-1,7 мг/100 г), низкому – аммонийного азота (0,2-1,3 мг/100 г) (табл. 1).

При сплошном внесении цеолита отмечена положительная роль его в улучшении фосфорно-калийного питания. При использовании цеолита и минеральных удобрений отмечен повышенный уровень обеспеченности фосфором и калием. На фоне цеолита в дозе 10 т/га фосфора в почве было больше, чем в хозяйственном контроле в среднем на 15,8%, калия – на 13,6% в год внесения, во втором и третьем полях севооборота, соответственно, на 16,9 и 12,8; 37,0 и 10,1%. При внесении 20 т/га цеолита в первом, втором и третьем полях севооборота фосфора в почве фиксировалось больше на 24,2; 27,4 и 76,6%; калия – на 38,2; 34,4 и 7,3% соответственно. Можно отметить, что на фоне 20 т/га цеолита

более интенсивно накапливается в почве P_2O_5 , к концу 1,7 раза по сравнению с хозяйственным контролем. севооборота содержание его в почве увеличивается в

1.Агрохимические показатели почвы севооборота при разбросном внесении цеолита (среднее за 2005-2008 гг.)								
Севооборот	pH _{сол.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NH ₄	N-NO ₃	Ca	Mg	ГК
		мг/на 100 г почвы				мг-экв/100 г почвы		
Без удобрений -контроль								
Картофель-1-й год	4,90	10,03	8,87	1,75	0,81	4,90	0,46	5,01
Овес на зеленую массу, 2-й год	5,08	10,70	10,05	1,70	1,38	4,40	0,72	5,38
Овес на зеленую массу, 3-й год	5,06	8,65	10,05	1,40	0,21	4,70	0,42	5,98
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ –хозяйственный контроль								
Картофель	5,07	10,78	14,00	1,75	1,15	4,60	0,56	5,37
Овес на з/м	5,12	12,40	13,30	2,00	0,80	4,30	0,66	5,46
Овес на з/м	5,03	7,15	11,65	1,40	0,27	4,80	0,42	6,38
Фон ₁ – цеолит, 10 т/га разбросное внесение								
Картофель	5,15	10,33	13,58	2,10	1,54	4,87	0,80	5,34
Овес на з/м	5,12	14,10	15,30	2,00	0,78	4,10	0,78	5,61
Овес на з/м	5,05	11,35	12,50	1,75	0,40	4,60	0,48	5,85
Фон ₁ + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀								
Картофель	5,07	12,03	16,87	2,20	1,75	4,67	0,64	5,65
Овес на з/м	5,13	15,20	16,75	2,80	0,80	4,30	0,66	5,25
Овес на з/м	5,02	10,00	13,20	1,90	0,31	4,80	0,36	6,53
Фон ₁ + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀								
Картофель	5,12	12,70	16,40	2,15	1,41	4,73	0,52	5,49
Овес на з/м	5,11	13,70	15,10	2,20	0,79	4,30	0,78	5,25
Овес на з/м	5,04	10,00	12,10	2,15	0,39	5,10	0,42	5,94
Фон ₁ + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀								
Картофель	5,06	12,20	14,93	2,10	1,10	4,80	0,64	5,85
Овес на з/м	5,11	14,50	15,30	1,80	0,95	4,40	0,72	5,89
Овес на з/м	5,02	10,50	12,20	1,60	0,25	4,90	0,42	5,85
Фон ₁ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀								
Картофель	5,06	12,93	16,27	2,45	1,65	5,00	0,52	5,83
Овес на з/м	5,12	13,80	14,60	2,20	0,98	4,50	0,78	5,12
Овес на з/м	5,03	9,10	13,55	1,95	0,38	4,60	0,48	5,90
Фон ₂ – цеолит, 20 т/га сплошное внесение								
Картофель	5,19	14,47	18,68	2,20	1,85	4,93	0,80	5,33
Овес на з/м	5,21	16,60	17,28	2,50	0,70	4,70	0,66	5,21
Овес на з/м	5,07	12,45	12,50	1,75	0,33	5,00	0,48	5,07
Фон ₂ + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀								
Картофель	5,17	13,07	20,30	2,20	1,50	5,03	0,74	5,36
Овес на з/м	5,14	16,40	17,95	2,30	0,98	4,00	0,63	5,14
Овес на з/м	5,06	12,40	12,40	1,70	0,36	5,00	0,36	5,06
Фон ₂ + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀								
Картофель	5,21	14,10	18,47	1,85	1,45	5,40	0,68	5,41
Овес на з/м	5,20	15,10	17,55	1,80	0,76	4,70	0,78	5,20
Овес на з/м	5,07	12,75	12,40	1,75	0,24	5,10	0,42	5,07
Фон ₂ + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀								
Картофель	5,19	12,63	18,77	1,95	1,45	5,27	0,60	5,66
Овес на з/м	5,15	16,50	18,20	2,00	0,70	4,20	0,72	5,15
Овес на з/м	5,11	12,60	12,70	1,65	0,26	5,30	0,63	5,11
Фон ₂ + N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀								
Картофель	5,19	14,13	18,40	2,20	1,65	5,40	0,52	5,66
Овес на з/м	5,20	15,50	17,85	1,80	0,90	4,70	0,66	5,20
Овес на з/м	5,12	12,50	12,30	1,95	0,20	5,70	0,42	5,12

Это можно объяснить ионно-обменными процессами в системе почва–цеолит. Высокая емкость катионного обмена и пролонгирующие свойства цеолита позволяют применять разовое внесение фосфорных удобрений на 2 года. Подвижный фосфор в присутствии цеолита поступает в ППК из труднодоступных соединений, так как в камчатском клиноптилолите содержание фосфора небольшое (0,038%) в сравнении с другими элементами. Полученные данные совпадают с утверждениями других ученых [9].

Изменения обменного калия в почве больше зависят от внесенных удобрений и выноса этого элемента растениями. Если в почве под картофелем обменного калия было 14,93-20,30 мг/100 г, то к концу севооборота этот показатель снизился до 12,10-13,55 мг/100 г. Следует отметить, что под первой и второй культурами

при сплошном внесении 20 т/га цеолита содержание обменного калия в почве было выше, соответственно, на 24,6 и 21,6%, чем при внесении 10 т/га.

Улучшение азотного питания можно проследить по катиону NH_4^+ . С добавкой цеолита он сильнее фиксируется в почве, что замедляет образование как летучих, так и водорастворимых соединений азота. В первом поле севооборота (картофель) аммиачного азота в почве фиксировалось на хозяйственном контроле 1,75 мг/100 г почвы, в вариантах с цеолитом 1,85-2,45, в третьем поле (овес), соответственно, 1,40 и 1,60-1,95 мг/100 г почвы.

При внесении повышенных доз азота на фоне 10 т/га цеолита отмечают стабильное повышение аммиачного азота за севооборот по всем полям. Динамика нитратного азота менее стабильна, увеличение его было толь-

ко при повышенных дозах азота в среднем под первой культурой (картофель) на 10,3% и под второй культурой (овес) на 47,8% по отношению к фону 10 т/га и хозяйственному контролю соответственно.

Использование цеолита оказало влияние на урожайность картофеля и овса на зеленую массу, как в год

внесения, так и в последствии. Урожайность картофеля на фоне 10 и 20 т/га цеолита варьировала, соответственно, от 209,5 до 235,7 и от 215,2 до 243,3 ц/га при урожайности в хозяйственном контроле 218,9 ц/га (табл.2).

2. Влияние цеолита при сплошном внесении на урожайность культур в короткоротационном севообороте

Вариант опыта	Картофель – действие (в среднем за 2005-2007 гг.)		Овес – 1-й год последствия (в среднем за 2006-2008 гг.)			Овес – 2-й год последствия (в среднем за 2007-2008 гг.)		
	Урожай клубней, ц/га	+ к хоз. контролю, ц/га	Урожай зеленой массы, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Урожай сухого вещества, ц/га	Урожай зеленой массы, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Урожай сухого вещества, ц/га
Без удобрений – контроль	99,6	-119,3	83,4	-	20,4	56,2	-	13,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ – хоз. контроль	218,9	-	111,4	28,0	26,7	82,8	26,6	19,6
Ф ₁ –цеолит, 10 т/га вразброс	90,6	-128,3	83,7	0,3	22,1	75,2	19,0	20,9
Ф ₁ – N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	235,7	+16,8	121,0	37,6	28,4	85,4	29,2	21,6
Ф ₁ – N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	227,0	+8,1	123,0	39,6	26,7	85,7	29,5	22,8
Ф ₁ – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	209,5	- 9,4	107,6	24,2	26,8	84,2	28,0	22,4
Ф ₁ – N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	226,0	+ 7,1	126,7	43,3	30,2	94,0	37,8	25,4
Ф ₂ –цеолит, 20 т/га вразброс	121,2	-97,7	98,2	14,8	23,3	86,6	30,4	21,6
Ф ₂ – N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	243,3	+ 24,4	123,4	40,0	31,4	93,8	37,6	21,3
Ф ₂ – N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	234,0	+ 15,1	125,0	41,6	37,3	95,6	36,4	24,5
Ф ₂ – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	215,2	- 3,7	115,3	31,9	27,9	88,5	32,3	21,4
Ф ₂ – N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	239,6	+ 20,7	127,4	44,0	31,1	92,9	36,7	23,9
НСР ₀₅ :								
мин.удобрения	3,5		8,9			6,5		
цеолит	9,4		6,1			6,0		
общая	11,1		12,3			11,4		

По данным исследований урожайность картофеля возрастает по мере увеличения доз минерального удобрения и цеолита. Достоверная прибавка урожая получена при внесении 10 и 20 т/га цеолита и минерального удобрения в дозе (NPK)₁₂₀, соответственно, 16,8 и 24,4 ц/га по сравнению с хозяйственным контролем. Однако следует отметить, что при уменьшении дозы минерального удобрения до (NPK)₆₀ урожайность картофеля снижается в среднем на 3% на обоих фонах по сравнению с хозяйственным контролем. Наибольшие прибавки получены на фоне 20 т/га цеолита, но по сравнению с фоном 10 т/га они не превышают в среднем 4%. Цеолит влияет на формирование урожая не только первой культуры, но и последующей. В последствии положительный эффект получен при использовании минерального удобрения с высокими дозами азота на фоне цеолита. При внесении цеолита в дозах 10 и 20 т/га вразброс и минерального удобрения в дозе N₁₂₀(PK)₉₀ получена максимальная прибавка урожая зеленой массы. По отношению к контролю она составила в первый год последствия 43,3 ц/га (51,9%) и 44,0 ц/га (52,7%), во второй год – 37,8 ц/га (67,3%) и 36,7 ц/га (65,3%). Цеолит и минеральное удобрение обеспечили прибавку урожая сухого вещества 9,8 ц/га (48,0%) и 10,7 ц/га (52,4%) в первый год последствия, во второй – 11,6 ц/га (67,2%) и 10,1 ц/га (65,3%) соответственно по сравнению с неудобренным вариантом.

Использование цеолита в чистом виде под первую культуру в дозах 10 и 20 т/га не дало положительного эффекта, недобор урожая картофеля составил, соответственно, 128,3 и 97,7 ц/га по отношению к хозяйственному контролю.

Заключение. Под влиянием цеолита и минеральных удобрений произошло существенное изменение агро-

химических свойств почвы. На фоне цеолита отмечено улучшение питания растений доступным фосфором за счет мобилизации его из труднодоступных соединений. При внесении 20 т/га цеолита в первом, втором и третьем полях севооборота в почве фиксировалось больше фосфора, соответственно, на 24,2; 27,4 и 76,6% и к концу севооборота содержание его увеличилось в 1,7 раз по отношению к (NPK)₁₂₀. Высокая емкость катионного обмена и пролонгирующие свойства цеолита дают возможность применять разовое внесение фосфорных удобрений на 2 года, что позволяет выращивать вторую и третью культуры без внесения NPK с прибавкой урожая в среднем 59% к контролю без удобрений.

Литература

1. Цицишвили Г.В. Перспективы применения природных цеолитов//Добыча, переработка и применение природных цеолитов: Сб. науч. тр.- Тбилиси, 1986.–С. 4. 2. Глаз Н.В. Применение цеолитсодержащего минерального сырья в растениеводстве / Глаз Н.В., Сороколетова А.С., Токарева О.Н. // Молодые ученые – агропромышленному производству Дальнего Востока: сб. науч. тр. / Россельхозакадемия, ДВ НМЦ, Примор. НИИСХ. – Владивосток, 2006. – С. 58-62. 3. Стружжина Т.М., Ильиных Ю.А., Иващенко Н.Н., Кочнева М.Б. Эффективность использования цеолита-клиноптилолита в короткоротационном севообороте на легких вулканических почвах Камчатки. //Плодородие.- № 4. – 2012.- С.48-50. 4. Ряховская Н.И., Гайнатулина В.В. Эффективность применения цеолита в короткоротационном севообороте // Сб. науч. тр. / Россельхозакадемия. Дальневост. регион. науч. центр. Камч.НИИСХ.- Владивосток: Дальнаука, 2010. – С. 109-115. 5. Ряховская Н.И., Гайнатулина В.В., Макарова М.А. Эффективность использования цеолита на картофеле в трехпольном

севообороте на легких вулканических почвах Камчатки // Плодородие.- № 2. – 2014.- С.49-51. 6. *Качественная характеристика природного цеолита Ягоднинского месторождения в Камчатском крае* // Комплекс аналитических исследований в ЦНИИ геолнеруд (г.Казань), ГЕОХИ АН РАН, ИГЕМ АН РАН (г. Москва), 2001. 7. *Методика исследований по культуре картофеля*. – М.,

1967. – 263 с. 8. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с. 9. *Гамисония М.К. и др.* Изменения микрофлоры почвы при наличии цеолита.- Сб. науч.тр.: Применение природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве.- Тбилиси, 1984.-С 230-233.

AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS AND CROP PRODUCTIVITY IN A THREE-COURSE CROP ROTATION AT THE APPLICATION OF ZEOLITE

*N.I. Ryakhovskaya, V.V. Gainatulina, Kamchatka Research Institute of Agriculture
ul. Tsentralnaya 4, Sosnovka, Elizovo raion, Kamchatskii krai, 683000 Russia, knish@mail.kamchatka.ru*

The response of potato to the broadcast application of zeolite in combination with mineral fertilizers on light volcanic soils of Kamchatka has been studied. The dynamics of changes in agrochemical soil parameters due to ion exchange processes has been described; efficient rates of zeolite at the broadcast application have been determined. Positive aftereffect of zeolite on the yield of potatoes and forage oat during two years has been revealed.

Keywords: zeolite-clinoptilolite, volcanic soils, three-course crop rotation.