

УДК 552.4:631.84(470.62)

ПРОЛОНГИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ НА АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

© 2019 г. В. С. Белоусов¹, В. В. Тараненко¹, Л. В. Дядюченко^{1,*}

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений
350039 Краснодар, п/о 39, ВНИИБЗР, Россия*

**E-mail: ludm.dyadiuchenko@yandex.ru*

Поступила в редакцию 22.01.2018 г.

После доработки 09.11.2018 г.

Принята к публикации 12.11.2018 г.

Экспериментально установлено пролонгирующее действие цеолитсодержащих пород (ЦСП), внесенных в композиции с азотным удобрением при содержании ЦСП 10% и дозе N50. Композиции устраняли потери зеленой массы, вызванные истощением питательных ресурсов почвы при последовательном выращивании тест-культур (пшеницы яровой и озимой, ячменя озимого, кукурузы, подсолнечника, сои) по сравнению с вариантом однократного применения чистого азотного удобрения. Эффект проявлялся одинаково для всех тест-культур и имел тенденцию к усилению в почвах легкого гранулометрического состава.

Ключевые слова: пролонгирующее влияние, цеолитсодержащие породы, Краснодарский край, азотные удобрения.

DOI: 10.1134/S0002188119020042

ВВЕДЕНИЕ

Ионообменные и адсорбционные свойства цеолитов позволяют рассматривать эти минералы в качестве аккумуляторов и регуляторов поступления к растениям питательных веществ, предотвращающих их вымывание из почвы [1]. Неравномерное и несвоевременное внесение удобрений приводит не только к снижению эффективности их применения, но и к загрязнению окружающей среды. Применение удобрений совместно с цеолитами создает возможность более рационального использования питательных веществ удобрениями растениями, уменьшает зависимость от метеорологических условий, продлевает действие удобрений, обеспечивает их первоначальное депонирование с постепенным вымыванием, что благоприятно влияет на онтогенез [2]. Цеолитсодержащие породы по сравнению с глинистыми минералами отличаются более высокой скоростью и обратимостью обменных процессов [3].

Изучают возможность создания на основе пролонгирующих свойств цеолитсодержащих пород новых видов удобрительных смесей. Существует способ получения удобрений на основе природных цеолитов, основанный на извлечении цеолитами фосфора из растворов азотнокислого выщелачивания фосфорных руд [4]. В силу того,

что аммиачные удобрения слабо удерживаются почвенными коллоидами, существует значительное вероятное несоответствие между сроками их пребывания в почве и фазами, когда потребление биогенных элементов наиболее важно в онтогенезе растения. Поэтому создание композиций цеолитсодержащих пород и аммиачных удобрений имеет наибольшую практическую значимость. Цель работы – изучение пролонгирующего влияния цеолитсодержащих пород Краснодарского края на азотные удобрения.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

На трех типах почв Краснодарского края – черноземе выщелоченном малогумусном легкосуглинистом, темно-серой лесостепной тяжелосуглинистой и аллювиальной луговой легкосуглинистой почвах [5] – было смоделировано влияние цеолитсодержащих пород (ЦПС) Хадыженского месторождения [6] в композиции с азотным удобрением на развитие тест-культур в условиях их последовательного выращивания в разных агрохимических условиях.

Методика приготовления композиции ЦПС-удобрение: аммиачную селитру смешивали с ЦПС в заданной пропорции, добавляли воду до консистенции вязкой глины, после чего смесь

Таблица 1. Накопление зеленой массы тест-культуры в условиях последовательного выращивания на почве с удобрениями (NH_4NO_3) и композициями (ЦСП-удобрение)

Вариант	Доза N-удобрения	Содержание ЦСП в композиции, %	Зеленая масса тест-культуры, г/сосуд									СК, %
			1-й цикл			2-й цикл			3-й цикл			
			M	Sx	ДОК $P_{0.95}$	M	Sx	ДОК $P_{0.95}$	M	Sx	ДОК $P_{0.95}$	
Чернозем выщелоченный легкосуглинистый												
Пшеница озимая												
Контроль без удобрения	N0		4.17	0.27		3.31	0.40		2.98	0.19		
Удобрение	N50		4.95	0.69		4.48	0.53		3.97	0.19		107
Композиция		10	4.84	0.29		4.37	0.67		4.06	0.66		106
Композиция		20	4.78	0.29		4.33	0.20		4.53	0.13	+	109
Удобрение	N100		5.77	0.25		4.86	0.28		4.23	0.45		119
Композиция		10	5.66	0.32		5.05	0.75		5.22	0.87	+	127
Композиция		20	5.84	0.85		5.91	0.23	+	5.43	0.34	+	137
Пшеница яровая												
Контроль без удобрения	N0		3.15	0.50		2.94	0.37		2.49	0.32		
Удобрение	N50		4.10	0.51		3.82	0.29		3.30	0.32		119
Композиция		10	4.14	0.54		4.34	0.12	+	4.15	0.32	+	134
Композиция		20	4.49	0.52		4.60	0.37	+	4.34	0.19*	+	142
Удобрение	N100		4.86	0.54		4.65	0.65		3.72	0.29	+	140
Композиция		10	4.61	0.46		4.56	0.54	+	4.49	0.62	+	145
Композиция		20	4.52	0.39		4.45	0.44	+	4.47	0.45	+	147
Ячмень озимый												
Контроль без удобрения	N0		3.50	0.32		2.84	0.45		2.64	0.10		
Удобрение	N50		4.62	0.28		4.53	0.61		3.14	0.10		117
Композиция		10	4.60	0.75		4.79	0.67	+	4.96	0.13	+	136
Композиция		20	4.84	0.75		4.67	0.36	+	4.96	0.23	+	138
Удобрение	N100		5.00	0.77		4.50	0.69		3.67	0.49		125
Композиция		10	4.98	0.78		4.40	0.57		4.28	0.15	+	130
Композиция		20	4.87	0.31	+	4.80	0.80		4.29	0.26	+	133
Кукуруза												
Контроль без удобрения	N0		10.3	0.21		9.93	1.35		9.76	0.63		
Удобрение	N50		15.4	0.59	+	13.3	0.79		11.3	0.47		130
Композиция		10	14.3	2.03		14.5	1.74		14.9	1.94	+	142
Композиция		20	15.7	0.35	+	13.8	0.58	+	15.0	0.71	+	142
Удобрение	N100		14.4	0.41	+	15.6	1.17	+	13.0	1.85		139
Композиция		10	16.5	2.50	+	16.3	0.36	+	14.8	0.37	+	154
Композиция		20	15.0	2.17		14.5	1.48		15.4	1.29	+	145
Подсолнечник												
Контроль без удобрения	N0		10.9	1.28		9.87	0.59		8.97	0.96		
Удобрение	N50		16.0	2.59		15.8	2.37	+	12.8	0.35	+	137

Таблица 1. Продолжение

Вариант	Доза N-удобрения	Содержание ЦСП в композиции, %	Зеленая масса тест-культуры, г/сосуд									СК, %
			1-й цикл			2-й цикл			3-й цикл			
			M	Sx	ДОК P _{0.95}	M	Sx	Док P _{0.95}	M	Sx	ДОК P _{0.95}	
Композиция	N100	10	14.2	2.34		13.8	1.64		16.2	0.69	+	136
Композиция		20	15.5	1.77	+	14.7	0.52	+	16.0	1.92	+	143
Удобрение			15.2	2.25		15.5	1.25	+	11.5	0.93		130
Композиция		10	16.5	1.31		16.7	2.19	+	14.6	0.78	+	147
Композиция		20	15.2	2.57		15.7	1.83	+	14.7	1.65	+	140
Соя												
Контроль без удобрения	N0		10.9	1.29		11.0	1.30		8.20	1.28		
Удобрение	N50		13.4	1.68		14.7	0.61	+	12.5	1.49		124
Композиция		10	15.4	0.45	+	14.4	1.53		15.9	1.52	+	140
Композиция		20	13.4	1.66		15.6	1.90		15.3	1.29	+	136
Удобрение	N100		15.4	2.75		16.4	2.74		13.1	0.81	+	138
Композиция		10	14.6	1.22		13.5	0.91		15.0	1.54	+	132
Композиция		20	15.5	1.45		16.2	2.47		16.5	2.14	+	147
Аллювиально-луговая легкосуглинистая почва												
Пшеница озимая												
Контроль без удобрения	N0		2.72	0.14		1.59	0.22		1.15	0.13		
Удобрение	N50		4.31	0.48	+	2.74	0.41	+	2.29	0.22	+	114
Композиция		10	4.72	0.30	+	3.71	0.14	+	2.79	0.31	+	137
Композиция		20	4.43	0.25	+	3.38	0.38	+	3.70	0.13	+	141
Удобрение	N100		5.01	0.82	+	3.24	0.35	+	3.04	0.51	+	138
Композиция		10	4.50	0.43	+	4.57	0.23	+	4.62	0.36	+	168
Композиция		20	4.61	0.56	+	4.52	0.69	+	4.59	0.36	+	168
Пшеница яровая												
Контроль без удобрения	N0		2.21	0.19		1.61	0.09		1.13	0.06		
Удобрение	N50		3.25	0.21	+	2.84	0.14	+	2.35	0.29	+	127
Композиция		10	2.92	0.28		3.09	0.43	+	2.46	0.29	+	128
Композиция		20	3.22	0.32	+	3.08	0.40	+	3.24	0.19	+	144
Удобрение	N100		3.58	0.15	+	3.16	0.28	+	2.28	0.20	+	136
Композиция		10	3.66	0.58	+	3.51	0.36	+	3.37	0.32	+	159
Композиция		20	3.65	0.09	+	4.11	0.27	+	3.82	0.46	+	175
Ячмень озимый												
Контроль без удобрения	N0		2.34	0.35		1.42	0.09		1.09	0.17		
Удобрение	N50		3.51	0.15	+	2.91	0.11	+	2.30	0.30	+	124
Композиция		10	3.61	0.42	+	3.78	0.34	+	3.72	0.52	+	158
Композиция		20	2.43	0.49		3.84	0.33	+	3.47	0.34	+	153
Удобрение	N100		3.80	0.29	+	3.41	0.17	+	2.59	0.80	+	141
Композиция		10	3.98	0.14	+	3.79	0.09	+	3.97	0.20	+	167
Композиция		20	3.98	0.24	+	4.27	0.37	+	4.02	0.36	+	175

Таблица 1. Окончание

Вариант	Доза N-удобрения	Содержание ЦСП в композиции, %	Зеленая масса тест-культуры, г/сосуд									СК, %
			1-й цикл			2-й цикл			3-й цикл			
			<i>M</i>	<i>Sx</i>	ДОК <i>P</i> _{0.95}	<i>M</i>	<i>Sx</i>	Док <i>P</i> _{0.95}	<i>M</i>	<i>Sx</i>	ДОК <i>P</i> _{0.95}	
Кукуруза												
Контроль без удобрения	N0		6.87	0.44		4.72	0.59		3.42	0.08		
Удобрение	N50		11.5	0.69	+	6.97	0.46	+	6.35	1.00	+	120
Композиция		10	11.5	1.42	+	9.00	1.08	+	7.92	1.07	+	138
Композиция		20	12.6	0.38	+	9.11	0.50	+	8.29	0.72	+	146
Удобрение	N100		14.2	1.09	+	12.4	0.78	+	7.21	0.32	+	164
Композиция		10	12.4	1.49	+	11.3	1.65	+	11.7	1.64	+	172
Композиция		20	14.2	2.29	+	13.6	1.04	+	12.3	1.89	+	195
Подсолнечник												
Контроль без удобрения	N0		7.10	0.66		5.18	0.45		3.71	0.52		
Удобрение	N50		11.4	1.37	+	9.56	1.10	+	6.90	0.22	+	132
Композиция		10	10.6	0.45	+	9.22	0.44	+	7.90	0.46	+	130
Композиция		20	12.0	1.13	+	12.2	1.49	+	10.6	0.50	+	163
Удобрение	N100		14.1	2.31	+	12.1	0.39	+	8.84	0.52	+	164
Композиция		10	12.3	0.47	+	11.9	0.59	+	13.2	2.13	+	175
Композиция		20	13.6	1.39	+	13.1	0.38	+	12.9	1.39	+	186
Соя												
Контроль без удобрения	N0		7.51	0.69		5.93	0.26		4.12	0.31		
Удобрение	N50		13.7	1.76	+	10.1	1.46	+	7.89	0.82	+	141
Композиция		10	13.5	1.19	+	12.3	0.32	+	12.2	0.43	+	169
Композиция		20	12.1	1.19	+	12.6	0.78	+	11.0	1.48	+	158
Удобрение	N100		14.2	0.39	+	11.0	1.86	+	8.26	0.31	+	148
Композиция		10	13.1	2.12	+	11.9	0.94	+	12.1	0.86	+	166
Композиция		20	12.9	0.32	+	13.8	1.92	+	12.8	0.54	+	175

Примечание: ДОК $P_{0.95}$ – достоверность отличий от контроля в каждом цикле при $P_{0.95}$ (+); M – средняя арифметическая величина из 5-ти повторностей, Sx – среднее квадратичное отклонение, СК – среднее (для 3-х циклов), % к контролю 1-го цикла.

продавливали через 2 мм-фильтры устройства типа шнекового экструдера. Полученные гранулы сушили на воздухе 48 ч. Содержание ЦПС в готовых композициях составляло 10 и 20% по массе.

Почвы для опыта отбирали с целинных участков из верхнего 20 см слоя, доводили до воздушно-сухого состояния, измельчали и просеивали через сито с размерами ячеек 2 мм. В качестве вегетационных сосудов использовали картонные парафинированные стаканы емкостью 0.5 л, масса воздушно-сухой почвы в каждом сосуде – 0.4 кг. Тест-культурами служили пшеница яровая сорта Харьковская 17, пшеница озимая сорта Скифян-

ка, ячмень озимый сорта Скороход, кукуруза – гибрид Краснодарский 303 АСВ, подсолнечник – гибрид Краснодарский 917, соя сорта Армавирская.

Последовательность операций в эксперименте:

– внесение удобрений или композиции ЦПС-удобрение путем равномерного перемешивания с распределенной на поддоне почвой в дозах из расчета N50 и N100;

– заполнение почвой вегетационных сосудов, увлажнение до 60% ППВ, экспозиция 3-е сут;

– посев семян тест-культур;

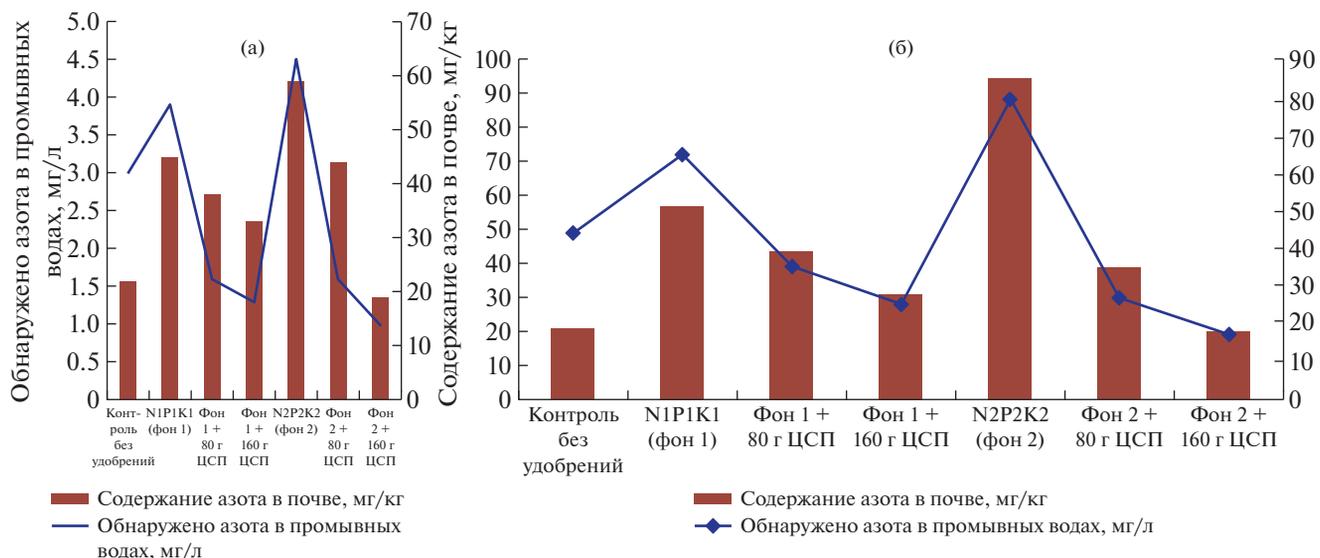


Рис. 1. Влияние ЦСП на интенсивность вымывания иона аммония из: (а) чернозема выщелочного легкоглинистого, (б) аллювиально-луговой легкосуглинистой почвы.

- вегетация в течение 21 сут при влажности 55–60% ППВ;
- учет зеленой массы, пятикратная повторность;
- второй посев семян тест-культур в те же сосуды и выполнение всех технологических операций первого цикла;
- третий посев семян тест-культур в те же сосуды и аналогичное выращивание.

Экспериментально оценена способность ЦПС предотвращать вымывание аммония из чернозема выщелоченного и аллювиально-луговой почвы. Опыты проводили в шестилитровых сосудах через 20 сут после набивки и внесения удобрения с ЦПС. Содержание иона аммония определяли в первом и втором литрах промывной воды с последующим суммированием результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментальные работы на темно-серой лесостепной почве были аналогичны результатам, полученным на выщелоченном черноземе, поэтому в статье приведены данные, полученные на черноземе выщелоченном (содержание физической глины – 73%) и аллювиальной луговой почве (содержание физической глины – 22%).

Показано, что последовательное 3-кратное выращивание тест-культур на почве без внесения удобрений приводило к значительному уменьшению накопления зеленой массы, особенно в 3-м цикле (табл. 1). Для разных культур это снижение

в сравнении с первым циклом выращивания составило 5–27% на черноземе выщелоченном, 14–41% – на темно-серой лесной почве и 45–58 – на луговой почве. Применение удобрения в целом компенсировало потери зеленой массы, однако отчетливая тенденция к ее снижению от первого к третьему циклу выращивания сохранялась.

Внесение удобрения в эквивалентных по азоту количествах, но в виде композиций с ЦПС, меняло тенденцию. Уже при содержании ЦПС 10% и дозе азота N50 указанная тенденция практически исчезала. Эффект проявлялся на всех включенных в исследование культурах и имел однотипный характер на всех типах почв, однако более отчетливо был отмечен на аллювиально-луговой почве легкого гранулометрического состава (табл. 1).

Показана способность ЦСП предотвращать вымывание иона аммония. Внесение ЦСП с сульфатом аммония снижало вымывание азота из чернозема выщелоченного в среднем на 40–50% (рис. 1а) и более значительно – из аллювиально-луговой почвы (на 60–70%) (рис. 1б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подтверждено пролонгирующее действие цеолитсодержащих пород (ЦСП) в композиции с азотным удобрением. Установлено, что применение азотных удобрений в виде композиций с ЦСП уже при содержании ЦСП 10% и дозах N50 устраняло потери зеленой массы тест-растений, вызванные истощением питательных ресурсов

почвы. Эффект имел однотипный характер и тенденцию к усилению в ряду чернозем выщелоченный легкоглинистый → темно-серая лесная тяжело-суглинистая почва → аллювиальная луговая легкосуглинистая почва. Полученные результаты являются предпосылкой для развития исследований в этом направлении с целью разработки рецептур композиционных минеральных удобрений и обоснования приемов их применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чемищев Н.Ф., Чемищева Р.В. Использование природных цеолитов // Вестн. сел.-хоз. науки. 1978. № 2. С. 126–128.
2. Витколенко П.П. Использование закарпатского клиноптилолита для улучшения питания озимой пшеницы и повышения ее продуктивности // Применение природных цеолитов в животноводстве. Тбилиси, 1984. С. 215–217.
3. Чемищев Н.Ф. Об ионообменной природе биологической активности клиноптилолита // Там же. С. 198–201.
4. Аренс В.Ж. Физико-химические аспекты процесса получения удобрений на базе природных цеолитов // Там же. С. 128–131.
5. Вальков В.Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. Ростов/нД.: СКНЦ ВШ, 1996. 191 с.
6. Лященко Л.Л. Минерально-сырьевые ресурсы Краснодарского края // Разведка и охрана недр. 1995. № 11. С. 11.

Effect of Zeolite-Containing Rocks of the Krasnodar Region on the Prolonged Activity of Nitrogen Mineral Fertilizers

V. S. Belousov^a, V. V. Taranenko^a, and L. V. Dyadyuchenko^{a,#}

^a All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection
350039 Russia, Krasnodar-39

[#] E-mail: ludm.dyadyuchenko@yandex.ru

The prolonged activity effect of zeolite-containing rocks (ZCR) in composition with nitrogen fertilizer (10% of ZCR in N fertilizer applied at rate 50 kg/ha) was experimentally proved. The compositions eliminated the loss of green mass caused by of the nutrient soil sources depletion under successive growing of the test crops (spring and winter wheat, winter barley, corn, sunflower, soybean) in comparison with single application of nitrogen fertilizer. The effect was similar for all the tested crops and was more pronounced on light soils.

Key words: zeolite-containing rocks, Krasnodar region, prolonged activity, nitrogen fertilizers.