

АГРОХИМИЯ ПОЧВ

УДК 631.416

С. Н. РЫЖОВ

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕСЕНИЯ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaO и CaCO_3
ПОД ХЛОПЧАТНИК НА ЗАСОЛЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ
ПОЧВАХ *

Показано, что внесение $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaO и CaCO_3 под хлопчатник на засоленных карбонатных почвах нецелесообразно.

В опубликованных работах и докторской диссертации Азимова [1, 2] приводятся данные вегетационных, мелкоделяночных и полевых опытов, показывающих высокую эффективность внесения под хлопчатник кальциевой селитры, окиси и карбоната кальция на засоленных орошаемых почвах. Смысл внесения этих удобрений, по мнению автора, заключается в повышении на засоленных почвах недостаточной концентрации кальция для нормального развития растений вследствие нарушения уравновешенности катионного состава за счет увеличения содержания натрия, а иногда и магния. Никогда не предполагалось, чтобы на почвах с высоким содержанием свободных карбонатов и, следовательно, с насыщенным содержанием кальция и магния в почвенном растворе потребовалось бы дополнительное внесение указанных элементов. Растворимость карбонатов кальция и магния на засоленных почвах увеличивается во много раз, и поэтому казалось маловероятным, что именно на этих почвах дополнительное внесение кальция может оказать положительное действие.

В опубликованных работах и диссертации автора разбираются только физиологические и метаболические процессы, происходящие в растениях, и совершенно не рассматриваются происходящие при этом почвенные процессы как теоретическая основа положительного действия внесения этих соединений кальция. Даже можно сказать, что почвенная часть в системе почва — растение совсем выпала из рассмотрения автора. Проведенное Р. А. Азимовым исследование фактических материалов без рассмотрения происходящих при этом почвенных процессов может вызвать настороженность, так как речь идет о внесении кальциевых удобрений на карбонатных почвах с высоким содержанием кальция.

На засоленных почвах в поглощающем комплексе и растворе содержатся повышенные количества натрия и магния, которые так же могут оказать вредное действие на растения. Кроме того, соотношение между кальцием и магнием в засоленных почвах может несоответствовать бла-

* В сообщении С. Н. Рыжова поднимается важный в научном и практическом отношении вопрос о нецелесообразности внесения CaCO_3 в карбонатные почвы Средней Азии. Публикуя это сообщение, редакция надеется на то, что оно заинтересует исследователей и послужит предметом широкого обсуждения.

гоприятному развитию растений. Поэтому можно предполагать, что в этих условиях в почвенном растворе содержание кальция действительно оказывается недостаточным для его свободного поступления в растения. В работе Р. А. Азимова этот основной теоретический вопрос не изучался и не анализировался. Поэтому приводимые факты положительного действия на хлопчатник внесения соединений кальция на карбонатных засоленных почвах остаются необъясненными.

Для понижения происходящих при этом в почве обменных реакций и изменений в содержании и концентрации катионов необходимо рассмотреть растворимость соединений кальция и магния и их соотношение с щелочными катионами в засоленных почвах.

Может ли внесение азотнокислого кальция, окиси и карбоната кальция повысить его содержание в почвенном растворе, изменить соотношение между щелочными и щелочноземельными металлами и состав поглощенных оснований при данных почвенных условиях? Без этого теоретически невозможно представить положительное действие на растения внесения этих элементов. Именно эти вопросы изучались нами в специально поставленных опытах.

Для исследований были взяты две почвы: незасоленная — типичный серозем Ташкентской обл. с содержанием 22,2% CaCO_3 и 2,3% MgCO_3 и засоленная — светлый серозем Голодной степи с содержанием 14,7% CaCO_3 , 4,92% MgCO_3 , 0,0719% Cl , 0,594% SO_4 и 1,123% плотного остатка. Данные по катионному составу в почвенных растворах приведены в последующих таблицах. Варианты нашего опыта охарактеризованы ни-

Таблица 1

Содержание обменных оснований через 3 месяца, мг-экв

Вариант	Ca	Mg	Na	K	Сумма	% от суммы				Ca:Mg	$\frac{\text{Ca}+\text{Mg}}{\text{Na}+\text{K}}$
						Ca	Mg	Na	K		
Почва незасо- ленная	7,75	2,04	0,09	0,35	10,23	75,7	19,9	0,88	3,42	3,80:1	22,25:1
Почва+ CaCO_3 (кальцит)	8,16	2,04	0,08	0,33	10,61	76,9	12,2	0,75	3,11	4,00:1	24,98:1
Почва+ CaCO_3 (арогонит)	8,16	1,63	0,08	0,27	10,14	80,5	16,1	0,79	2,66	5,01:1	28,07:1
Почва+ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	7,76	2,04	0,09	0,44	10,32	75,2	19,8	0,87	4,26	3,80:1	18,59:1
Почва+CaO	8,16	1,63	0,08	0,33	10,20	80,0	16,1	0,79	3,24	5,01:1	23,86:1
Почва засолен- ная	7,00	1,60	1,35	0,64	10,59	66,1	15,1	12,75	6,04	4,37:1	4,32:1
Почва+ CaCO_3 (кальцит)	7,41	1,20	1,22	0,74	10,56	70,1	11,4	11,55	7,01	6,17:1	4,39:1
Почва+ CaCO_3 (арогонит)	7,42	1,20	1,17	0,72	10,49	70,5	11,4	11,55	6,86	6,17:1	4,55:1
Почва+ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	7,73	1,25	1,04	0,69	10,78	71,4	11,6	9,52	6,31	6,16:1	5,23:1
Почва+CaO	7,70	1,30	1,13	0,66	10,79	69,9	12,0	10,47	6,12	5,81:1	5,03:1

же (см. табл. 2). В эти почвы вносили CaCO_3 , CaO и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ из расчета по 2 г кальция на 1 кг почвы. Навески по 2 кг увлажняли до полевой влагоемкости и в этом состоянии сохраняли до 6 месяцев. Периодически отжимали почвенный раствор под давлением 150 кг/см², в котором определен состав поглощенных оснований. Работу проводили при комнатной температуре с мая по ноябрь; за этот период температура понижалась примерно от 30—35° до 18—20°.

В табл. 1 приведены данные о содержании основных катионов почвенного раствора при внесении в почву разных соединений кальция. Прежде всего следует указать, что на незасоленной почве как на кон-

трольном варианте, так и при внесении в почву разных форм карбоната кальция (кристаллического и аморфного) содержание в почвенном растворе кальция и магния не изменяется, оно соответствует их растворимости при данной температуре и парциальном давлении углекислоты. Никаких изменений не произошло и через 3 месяца. Через 6 месяцев наблюдается заметное увеличение содержания кальция, одинаковое во всех вариантах, что объясняется понижением температуры в ноябре и увеличением содержания углекислоты и, следовательно, повышением образования бикарбонатов. В содержании натрия и калия и в величине рН от внесения карбонатов кальция в почвенном растворе не происходит никаких изменений.

Внесение окиси кальция вначале вызывает некоторое повышение содержания кальция вследствие большей его растворимости в сравнении с карбонатом кальция [6, 7]. Через 6 месяцев при активном взаимодействии с углекислотой почвенного воздуха концентрация кальция и магния в этом варианте уменьшается до обычной концентрации в карбонатных почвах. Следовательно, продолжительность эффективного влияния внесения в почву окиси кальция на рост растений может теоретически продолжаться только один летний сезон. На второй год положительное влияние на растения, если оно действительно имеется в первый год, продолжаться не может, а внесение карбоната кальция в любой форме не должно быть эффективным даже в первый год.

Резко повышенная концентрация кальция и магния происходит под влиянием внесения кальциевой селитры и сохраняется дольше 6 месяцев. Важно отметить, что при этом происходит резкое расширение соотношения между кальцием и магнием и между двухвалентными и одновалентными катионами под влиянием преимущественного увеличения в почвенном растворе содержания кальция. Очевидно, что внесение азотнокислого кальция на незасоленных карбонатных почвах теоретически могло бы оказывать положительное действие на развитие хлопчатника, если бы его действительно недоставало в этих почвах. Однако все имеющиеся опыты показывают равнозначное или худшее его действие по сравнению с аммиачной селитрой на незасоленных почвах.

Р. А. Азимов рекомендует дополнительное внесение кальция на засоленных почвах, полагая его недостаточную энергию поглощения растениями ввиду наличия повышенного количества одновалентных катионов в почвенном растворе и поглощающем комплексе этих почв.

Как видно из табл. 1, на засоленной почве вообще наблюдается значительно повышенное содержание кальция и магния, но оно также не увеличивается при внесении дополнительного количества разных форм карбонатов кальция по сравнению с контрольным вариантом. Внесение окиси кальция и селитры несколько повышает содержание кальция, но почти не изменяет содержание магния. Очень важно отметить, что при внесении кальциевой селитры и окиси кальция на засоленных почвах наблюдается повышение не только содержания кальция, но одновременно и натрия. Это происходит потому, что азотнокислый кальций является самой растворимой солью и вызванное этим повышенное содержание кальция в растворе погашает диссоциацию других кальциевых солей и усиливает растворимость солей натрия (NaCl , Na_2SO_4).

Это очень важно отметить, так как соотношение между двухвалентными и одновалентными катионами в растворе при внесении кальциевой селитры не изменяется (табл. 2). Действие окиси кальция постепенно затухает и через 6 месяцев оно становится незаметным, тогда как повышенное содержание кальция от внесения селитры наблюдается и при этом сроке определения.

Состав поглощенных оснований при внесении всех указанных веществ на засоленных и незасоленных почвах не изменился, но на засоленных почвах наблюдается повышенное содержание натрия и калия во всех

Таблица 2

Изменение состава почвенного раствора при внесении разных соединений кальция

Вариант	Через сутки		Через 3 месяца			Через 6 месяцев			рН раствора	3 месяца взаимодействия, мг-экс				Са: Mg	Ca+Mg Na+K
	г/л														
	Ca	Mg	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg		Ca	Mg	Na	K		
Почва незасоленная	0,171	0,025	0,179	0,034	0,025	0,037	0,306	0,034	7,22	8,95	2,80	1,09	0,95	3,20:1	5,76:1
Почва+CaCO ₃ (кальцит)	0,182	0,028	0,187	0,029	0,025	0,031	0,367	0,025	7,22	9,35	2,38	1,09	0,79	3,93:1	6,24:1
Почва+CaCO ₃ (ароганит)	0,179	0,025	0,189	0,034	0,026	0,037	0,367	0,042	7,22	9,45	2,80	1,13	0,95	3,37:1	5,89:1
Почва+CaCO ₃ (х. ч.)	0,170	0,025	0,187	0,034	0,038	0,031	0,324	0,025	7,27	9,35	2,80	1,65	0,79	3,34:1	4,98:1
Почва+Ca(NO ₃) ₂	1,020	0,162	1,024	0,028	0,038	0,069	1,160	0,070	7,23	51,20	2,33	1,65	1,77	21,97:1	15,65:1
Почва+CaO	0,194	0,012	0,228	0,029	0,025	0,032	0,306	0,050	7,45	11,40	2,38	1,09	0,79	4,79:1	7,33:1
Почва засоленная	1,060	1,461	1,044	1,397	4,69	0,44	1,060	1,544	7,25	52,2	114,9	203,7	11,23	1:2,20	1:1,29
Почва+CaCO ₃ (кальцит)	1,091	1,518	1,060	1,566	4,76	0,50	1,081	1,470	7,26	53,0	128,8	207,9	12,82	1:2,43	1:1,21
Почва+CaCO ₃ (ароганит)	1,083	1,701	1,046	1,322	5,04	0,46	1,020	1,269	7,57	52,3	108,7	219,1	11,74	1:2,08	1:1,43
Почва+CaCO ₃ (х. ч.)	1,062	1,662	1,020	1,367	5,11	0,46	0,988	1,170	7,50	51,0	112,4	222,4	11,77	1:2,20	1:1,48
Почва+Ca(NO ₃) ₂	1,367	1,618	1,244	1,488	5,31	0,43	1,320	1,660	7,85	62,2	122,4	230,9	14,23	1:1,97	1:1,32
Почва+CaO	1,312	1,542	1,265	1,466	6,02	0,62	1,203	1,244	7,77	63,2	118,3	261,5	16,02	1:1,87	1:1,53

вариантах (табл. 2). Внесение окиси кальция и селитры не изменяет заметно состав поглощенных катионов.

Как известно, на засоленных почвах отмечается более высокое осмотическое давление почвенного раствора, что наряду с отравляющим действием солей ухудшает условия поступления воды и питательных веществ в растения.

Но в приведенных в табл. 2 данных следует обратить внимание на то, что на засоленных почвах соотношение между кальцием и магнием и двух- и одновалентными катионами изменяется в обратную сторону: магний преобладает над содержанием кальция в 2 раза, а одновалентные катионы над двухвалентными в 1,5 раза. Поэтому может быть в преобладании магния над кальцием и состоит одна из существенных причин вредного действия солей. И еще важно подчеркнуть, что несколько более высокое содержание кальция от внесения селитры не изменяет соотношения между катионами, так как одновременно в почвенном растворе повышается и содержание натрия.

Возникает вопрос — за счет каких условий на засоленных почвах проявляют эффективность все указанные элементы в опытах Р. А. Азимова? Как это объяснить теоретически с точки зрения происходящих при этом почвенных процессов? Рассмотрим для этого данные физиологических исследований Белоусова [3]. По его данным на естественно засоленной почве при содержании Cl 0,017% и SO_4 0,790% урожай хлопка-сырца составил при внесении $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 190,3 г, а при внесении NH_4NO_3 — 186,8 г на одно растение (на сосуд). При искусственном увеличении засоления этой же почвы по хлору до 0,04% (близко к среднему засолению) урожай составил соответственно 182,3 и 180,3 г/сосуд. Как видно, разница самая незначительная даже от внесения, по данным Р. А. Азимова, самого эффективного удобрения.

В другом опыте М. А. Белоусова изучалось влияние на хлопчатник соотношения в питательном растворе $\text{Ca} + \text{Mg} : \text{Na} + \text{K}$, мг-экв, как 3,5 : 1 и 1 : 2, причем кальций преобладал над содержанием магния от 2 до 6 раз, поэтому отрицательное влияние магния исключалось. Остальные элементы питательного раствора поддерживались на одном уровне.

Урожай хлопка-сырца составил при внесении $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 236,1 и 175,1 г/сосуд, а при внесении NH_4NO_3 соответственно 219,2 и 192,1 г/сосуд. Как видно, только при значительном преобладании двухвалентных катионов над одновалентными (как на незасоленных почвах) происходило некоторое увеличение урожая, тогда как при преобладании натрия и калия (как на засоленных почвах) наблюдалась обратная картина.

Любопытно отметить, что, по данным М. А. Белоусова, на вариантах с преобладанием одновалентных катионов первый сбор хлопка был значительно выше, чем на вариантах с преобладанием кальция и магния. Эти данные никак не подтверждают исследования Р. А. Азимова, которое проводилось в то же время (1971—1972).

В работе Рыжовой [5] установлено, что при соотношении в водном растворе хлористого натрия к хлористому кальцию как 70 : 30, 50 : 50 и 30 : 70 при соответствующих равновесных концентрациях поглощенный кальций преобладал над поглощенным натрием соответственно в 4, 15 и 25 раз. Близкая зависимость в составе поглощенных оснований наблюдалась и в наших данных.

Мало вероятно, чтобы некоторое уменьшение поглощенного натрия при внесении азотнокислого кальция на засоленных почвах могло бы снизить поступление питательных веществ в растения. Подобных исследований, проведенных Р. А. Азимовым с хлопчатником, в других научных организациях республики не проводилось, а данные опытов М. А. Белоусова не согласуются с его результатами.

Таким образом, в заключение можно сказать, что приведенные нами материалы показывают небольшое увеличение содержания кальция в

почвенном растворе на засоленных почвах от внесения азотнокислого кальция и окиси кальция при одновременном увеличении концентрации натрия, вследствие чего соотношение между катионами не изменяется. Внесение карбонатов кальция вообще не приводит к каким-либо изменениям в составе почвенного раствора и поэтому теоретически не может оказать ни положительного, ни отрицательного влияния на хлопчатник.

Положительное действие внесения под хлопчатник кальциевой селитры на основании приведенных данных теоретически возможно, но требует экспериментального подтверждения в других научных организациях. Кальциевая селитра ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) очень гигроскопична, неудобна для внесения и содержит только 14% азота, поэтому необходимы абсолютно бесспорные ее преимущества в эффективности действия на хлопчатник по сравнению с другими видами азотных удобрений. Кроме того, практические рекомендации Р. А. Азимова о внесении на засоленных карбонатных почвах под хлопчатник 1—3 т/га CaCO_3 (на 5—6 лет) или 200—400 кг кальциевой селитры совершенно не обоснованы. Известно, что на этих почвах эффективность минеральных удобрений снижена, но уменьшать дозы внесения азота под хлопчатник до 28—56 кг/га недопустимо. Внесение же CaCO_3 в этих условиях, как указывалось выше, совершенно бесполезно.

Литература

1. Азимов Р. А. Физиологическая роль кальция в солеустойчивости растений. Ташкент, «Фан», 1973.
2. Азимов Р. А. Физиологическая роль кальция в солеустойчивости хлопчатника. Автореф. дис. Ташкент, АН УзССР, 1974.
3. Белоусов М. А. Физиологические основы питания хлопчатника. Ташкент, «Фан», 1975.
4. Панин П. С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв. Новосибирск, «Наука», 1968.
5. Рыжова Л. В. Количественные закономерности обменной адсорбции катионов натрия — кальция и натрия — стронция. Почвоведение, 1973, № 3.
6. Справочник растворимости солевых систем. Госхимиздат, т. I, 1953, т. II, 1954.
7. Справочник химика, т. III. М.—Л., «Химия», 1964.
8. Турсунов Х., Турсунов Л., Расулов А. Микроморфология новоорошаемых и староорошаемых почв Хорезмского оазиса. Проблемы освоения пустынь, 1975, № 4.

Институт химии АН УзССР
Лаборатория агрохимии и
почвоведения

Дата поступления
21.II.1977 г.

S. N. RYZHOV

ON THE EFFICIENCY OF $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaO AND CaCO_3 APPLICATION TO COTTON ON SALINE CARBONATE SOILS

It has been shown that the application of $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaO and CaCO_3 to cotton on saline carbonate soils is inefficient.