

С. Н. АЛЕШИН и Е. ИГРИЦКАЯ

**ДОСТУПНОСТЬ РАСТЕНИЮ АДОРБИРОВАННЫХ ПОЧВОЙ ФОСФАТОВ**

(Представлено академиком Д. Н. Прянишниковым 29 XI 1937)

Из анионов, адсорбируемых почвой, для агрохимиков наибольшее значение имеет группа фосфорнокислых ионов, обуславливающих питание растений ( $H_2PO_4'$ ,  $HPO_4''$ ,  $PO_4'''$ ). Исследование адсорбируемости и условий отдачи их почвой растению является основной темой наших работ, начатых в лаборатории акад. Д. Н. Прянишникова, в развитие взглядов, высказанных последним еще в 1925 г. (?).

Темой настоящей статьи является лишь часть этих работ, имеющая целью исследование условий, повышающих доступность растению фосфат-ионов в зависимости от сопутствующих анионов других соединений.

Еще в опытах 1934 г. (2) нам удалось показать, что доступность фосфатов растению заметно увеличивалась от внесения в почву органического вещества, анионов  $SiO_3''$  и  $OH'$ , легко адсорбирующихся на поверхности коллоидных агрегатов почвы. Значение этих анионов наиболее актуально на почвах субтропической зоны, отличающихся от почв умеренной зоны значительной адсорбционной емкостью по отношению к фосфатам, вследствие чего фосфатные удобрения там эффективны только в чрезмерно высоких дозах (3).

Исходя из вышеизложенного, в нашей настоящей работе в качестве объекта исследования был взят смытый краснозем из Чаквинской чайной плантации (Аджарская АССР), 60 г которого было вполне достаточно для полной адсорбции фосфат-иона из 200 см<sup>3</sup> раствора фосфата натрия (рН = 6.00), содержавшего 0.2 г  $P_2O_5$ .

Опыт проводился в песчано-почвенных культурах, т. е. вегетационные сосуды набивались смесью песка и почвы и засевались овсом. В качестве основных элементов питания были взяты на сосуд 0.5 г К в форме  $KNO_3$ , 0.5 г N в форме  $Ca(NO_3)_2$ , с учетом азота в калийных удобрениях, 0.2 г Mg в форме  $MgSO_4$ , цитрат железа, бор и Mn в незначительных количествах. Испытуемые удобрения вносились в количествах: фосфор в форме  $Ca(H_2PO_4)_2$  из расчета 0.2 г (2.84 m. mol)  $P_2O_5$ ;  $SiO_3''$  в форме  $Na_2SiO_3$  из расчета 2.8 m. mol;  $OH'$  в форме  $Ca(OH)_2$  из расчета 1.0 г или 13.5 m. mol; органическое вещество (4.08 г гумуса) в форме экстракта из кобулетского торфа (Аджарская АССР), выделенного едким натром после предварительной обработки его 0.1 n раствором соляной кислоты.

Исследуемые удобрения вносились в почву в определенном порядке, в зависимости от поставленной задачи, но для всех них было обязатель-

ным трехдневное взаимодействие с 240 г почвы. В предварительно так или иначе обработанные навески почвы вносились затем основные удобрения, после чего ими набивались сосуды с 5 кг песка. Посев овса, предварительно протравленного 0.25% раствором Uspulum, был произведен 31 V 1935. Для вегетации было оставлено 21 растение. Урожай был снят в состоянии полной зрелости 29 X 1935.

Схема опыта и величины полученных урожаев приведены в табл. 1.

Таблица 1

Действие анионов на отдачу фосфат-ионов растению

1 строка урожай как функция отдачи  $P_2O_5$  почвой,

2 » фосфаты вносились первыми,

3 » » » последними.

X означает: или  $Ca(OH)_2$  или  $Na_2SiO_3$  или органическое вещество.

Схема	O(контр.)		Ca(OH) <sub>2</sub>		Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		Орг. вещества	
	Урожай в г	%	Урожай в г	% к O(конт.)	Урожай в г	% к O(конт.)	Урожай в г	% к O(конт.)
1. Почва + NK . . . . .	4.4	100	5.5	125	4.4	100	5.8	131
2. » P + X + NK . . . . .	11.00	100	28.5	258	29.5	267	25.6	232
3. » X + P + NK . . . . .	—	—	28.8	262	30.1	272	32.3	292
Разница в урожае (между 3 и 2) . . . . .	—	—	0.3	4.0	0.6	5.0	6.7	60

Из приведенных данных видно, что в отсутствие фосфат-ионов действие испытуемых ионов проявилось в незначительной мере (1 строка). Само внесение фосфатов повышает урожай, но эффект более чем удваивается в присутствии анионов, конкурирующих за занятие места на адсорбционной поверхности, причем подобное действие располагается в ряд (2 строка):



Но еще более рельефно вырисовывается действие этих ионов, если перед внесением фосфатов почвы взаимодействовали с испытуемыми анионами. В третьей строке табл. 1 приведены данные, полученные в опыте, поставленном во всем аналогично предшествующему, за исключением порядка внесения, а именно: перед внесением фосфатов почвенные образцы в 240 г взаимодействовали соответственно с растворами органического вещества, с гидратом окиси кальция, силикатом натрия. Эти данные показывают, что порядок внесения отражается на отдаче. Отдача фосфат-ионов особенно эффективна в присутствии органического вещества, защищающего фосфат-ионы от адсорбции их на поверхности почвы.

Эффект от порядка внесения более резко выявился в опыте с органическими удобрениями, чем с минеральными. Органический анион дал наибольший урожай по сравнению со всеми другими комбинациями, будучи внесенным перед удобрением фосфат-анионами, и наименьший в случае внесения после фосфатов. По данным Mattson (4), Demolon et Bastisse (5) адсорбционную силу анионов можно расположить в следующем порядке:



Принимая это во внимание, можно заметить, что эффект от порядка

внесения анионов по урожайным данным нашего опыта располагается в ряд обратной адсорбционной способности, т. е.



Такое поведение будет проявляться в тем большей мере, чем длительнее взаимодействие почвы с предварительно внесенным удобрением, вследствие увеличения прочности связи адсорбированного аниона.

На Оксфордском съезде почвоведов проф. Вигнер<sup>(6)</sup> доложил, что образцы пермутита одинакового состава, насыщенные  $\text{NH}_4^+$ , а затем  $\text{Ca}^{2+}$ , и, наоборот, сначала  $\text{Ca}^{2+}$ , а затем  $\text{NH}_4^+$ , так, чтобы общее количество  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$  в обоих случаях было одинаково, десорбируют после обработки их  $\text{LiCl}$  неодинаковые количества  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ . Ему удалось констатировать, что десорбируется хуже тот ион, которым пермутит был насыщен сначала. Ионы, адсорбирующиеся последними, занимают менее прочно связывающие их места. Такие места по взглядам, развиваемым Вигнером, находятся на ребрах и углах твердой адсорбирующей поверхности почв.

Очевидно эти взгляды, развиваемые по отношению адсорбции катионов, в одинаковой мере могут быть перенесены и на адсорбцию анионов, если принять те положения об адсорбции анионов, которые были нами развиты в других работах<sup>(8)</sup>. Практическим выводом из этих теоретических положений может быть то, что внесение в почву органических удобрений типа — торф, навоз и др. — должно дать наибольший эффект в том случае, когда внесению фосфатов предшествует внесение органических удобрений. И хозяйство, располагающее определенным запасом таких удобрений, может получить более высокий урожай, придерживаясь такого именно порядка внесения.

Выше было отмечено, что наибольшей энергией адсорбции обладают гидроксильные ионы, и с этой точки зрения, казалось бы, что эффект от отдачи фосфат-иона должен быть большим в присутствии этого иона. Принимая за меру отдачи величину урожая, видим, что такое ожидание не оправдывается. Во всех сосудах при постановке опыта был установлен один и тот же  $\text{pH} = 6.0$ . В процессе вегетации он изменился: в большинстве случаев возрос до 6.5, и только для опытов с известью он поднимался до  $\text{pH} = 7.0$ . Последнее обстоятельство следует принять во внимание, ибо известно, что при  $\text{pH} = 6-6.5$  [Teakle, Austin<sup>(8)</sup>] начинают образовываться трудно растворимые фосфаты кальция, что и отразилось на отдаче и снизило эффект урожая.

Если это положение справедливо, то тогда можно ожидать наилучшего эффекта при такой комбинации опыта, когда заизвесткованные почвы будут получать фосфатные удобрения после заправки их органическими удобрениями. Исходя из таких предположений, нами был поставлен опыт в одно и то же время с вышеописанным с той разницей, что внеслись все три исследуемые удобрения в различном порядке все также, через трехдневные промежутки. В табл. 2 приведена схема и результаты этого опыта.

Эти результаты подтвердили наши предположения, следовательно из этого можно сделать тот практический вывод, что, во-первых, известковать не следует выше  $\text{pH} = 6.5$  и, во-вторых, при заправке почвы известью и органическими удобрениями внесение последних должно непосредственно предшествовать фосфатам. Что же касается силикат-ионов, то при наличии  $\text{Na}$  как сопутствующего катиона подобная предосторожность не вызывается необходимостью. Она не ожидалась теоретически и не оправдалась практически.

Резюме. Автор исследовал отдачу фосфат-иона растению при нали-

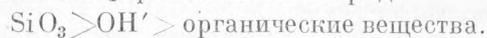
Таблица 2

Действие анионов на отдачу фосфат-ионов растению при тройной комбинации удобрений

Последующий порядок внесения	PO <sub>4</sub> <sup>'''</sup> + орган. вещ.		PO <sub>4</sub> <sup>'''</sup> + орган. вещ.		PO <sub>4</sub> <sup>'''</sup> + орган. вещ.		орган. вещ. + PO <sub>4</sub>	
	Урожай в г	pH	Урожай в г	pH	Урожай в г	pH	Урожай в г	pH
Почва + O + NK . . . . .	25.6	6.0	—	—	—	—	—	—
» + Ca(OH) <sub>2</sub> + NK . . . . .	—	—	30.8	7.0	34.3*	6.9	37.4	6.9
» + Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NK . . . . .	—	—	32.6	6.6	32.7**	6.5	35.4	6.5

чи анионов, могущих конкурировать по адсорбционной способности с фосфат-ионом, на красноземных почвах Аджарии.

Опыты показали, что по эффекту урожая конкурирующая способность по вытеснению PO<sub>4</sub><sup>'''</sup> располагается в ряд



Так как адсорбционная способность у OH' больше, чем у SiO<sub>3</sub> (Mattson), то это отступление объяснено как следствие образования трудно растворимых Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.

Далее установлено, что порядок внесения анионов влияет на отдачу фосфат-ионов, причем наибольший эффект оказался у органических удобрений.

Поэтому можно думать, что органическое вещество должно вноситься после внесения извести, если затем предполагается внесение фосфатных удобрений.

Лаборатория  
им. акад. Д. Н. Прянишникова.  
Всесоюзный институт удобрений,  
агротехники и почвоведения.  
Москва.

Поступило  
31 XII 1937.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> И. Н. Антипов-Каратаев и Л. И. Рабинерсон, Тр. Ленинградского отд. ВУУАА, вып. 17 (1933). <sup>2</sup> С. Н. Алешин и Е. Б. Игрицкая, Соц. земледелие, № 4 (1936). <sup>3</sup> А. И. Потапов, ДАН, № 9 (1934). <sup>4</sup> С. Матсон, Почвенные коллоиды (1935). <sup>5</sup> Demolon et Bastisse, Annales agronomiques, I—II (1934). <sup>6</sup> G. Wiegner, Trans. of Third Congress of Soil. Sci., (III v. 1936). <sup>7</sup> Д. Н. Прянишников, Статьи и научные работы, Юбилейный сборник, том II, 474—482 (1928). <sup>8</sup> С. Н. Алешин и Е. Игрицкая и С. Н. Алешин и Н. Н. Нестюк, Фосфорные удобрения, т. IV, в. 16 (1937).

\* Ca(OH)<sub>2</sub> вносился последним.

\*\* Вносились P, Si и органические вещества.