

УДК 633.31/37:631.811.2

## О ДОСТУПНОСТИ ФОСФОРА ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ ФОСФАТОВ НЕКОТОРЫМ БОБОВЫМ РАСТЕНИЯМ

Х. К. АСАРОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Исследования, проведенные еще в начале этого столетия, показали, что усвояемость фосфора фосфоритной муки зависит как от природы самого растения, так и от кислотности почвы и физиологической реакции сопутствующих удобрений [6]. Была выявлена также высокая способность усваивать фосфор фосфорита у однолетних люпинов, горчицы, гречихи, гороха и низкая у зерновых культур. Указанное различие в усвоении этого элемента объясняется неодинаковым потреблением растениями кальция и фосфора из питательной среды [7]. Большое значение для разложения фосфоритов имеют гидролитическая кислотность и емкость поглощения почвы [3, 4]. Установлено [1], что их фосфор лучше усваивается растениями во второй половине вегетации.

Принято считать, что фосфор фосфатов железа и алюминия совершенно недоступен растениям. Однако результаты вегетационных опытов в условиях песчаных культур [2] показали, что фосфор таких фосфорных удобрений, как монокальцийфосфат, суперфосфат, преципитат, фосфорит рязанский, фосфорит Егорьевский, томашлак, термофосфат, костяная мука, фосфат железа и фосфат алюминия, вполне доступен многолетнему люпину уже в первый год его жизни. Характерно, что люпин нормально развивался даже при использовании в качестве источника фосфора фосфатов железа (приготовленных в лаборатории осаждением при pH 4,0—4,5) и алюминия (готового мерковского препарата). В зависимости от обеспеченности растения фосфором изменялось соотношение между массой корней и надземной массой люпина. При недостатке фосфора (малые дозы монокальцийфосфата или при внесении труднорастворимых фосфатов) это соотношение было заметно выше, чем в варианте с высокой обеспеченностью фосфором. Следует также отметить, что в корнях и особенно в клубеньках фосфора содержалось больше, чем в надземной части. При недостатке фосфора в питательной среде масса люпина снижалась не так сильно, как содержание в ней фосфора.

Цель настоящей работы изучить доступность фосфатов фосфоритной муки, железа ( $FePO_4$ ) и алюминия ( $AlPO_4$ ) бобовым культурам, возделываемым в Нечерноземной зоне, в условиях вегетационных опытов. В литературе сведений по данному вопросу очень мало.

### Материал и методика

В одной из серий опытов, проведенных в условиях песчаных культур, сравнивали доступность фосфора фосфоритной муки (вятский фосфорит) и  $CaHPO_4$  многолетнему, узколистному однолетнему и желтому кормовому люпинам, сераделле и белому доннику. Питательной средой служила полная смесь Д. Н. Прянишникова (при

1/2 дозы N). В сосуды обоих вариантов вносили микроэлементы из расчета по 0,25 мг В и Мп, 0,1 мг Сu и Zn на 1 кг песка.

Посев производили нитрагинизированными семенами. Всходы люпинов появились 29 мая, остальных культур — 31 мая. После прорезывания (3 июля) в сосудах бы-

ло оставлено по 5 растений многолетнего и однолетнего люпина и по 8 растений сераделлы и донника.

Уборку и учет растительной массы проводили 4 раза (по 2 сосуда в первые три срока и по 4 в последний): 5, 15 и 25 июля (соответственно через 35; 45 и 55 дней после всходов) и 2 августа (через 63—64 дня).

В опыте с кормовыми бобами в отличие от предыдущей серии опытов испытывались 2 вида фосфоритной муки — вятского и каратауского фосфоритов, действие которых сравнивалось с действием  $\text{CaHPO}_4$ . Посев производили также нитрагинизированными семенами 12 июня. Всходы появились 17—18 июня. Через 15 дней после всходов в каждом сосуде было оставлено по 8 растений.

Растительную массу кормовых бобов убирали и учитывали в 4 срока: 12 и 30 июля, 20 августа и 8 сентября, соответственно через 25; 43; 65 и 83 дня после всходов.

В третьей серии вегетационных опытов, проведенных в условиях песчаных культур, изучалось отношение бобовых (синерозового безалкалоидного люпина, гороха полевого сорта Капитал, сои Тимирязевской и фасоли Зеленостручной 517) к фосфоритной муке  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , фосфатам железа  $\text{FePO}_4$  и алюминия  $\text{AlPO}_4$  и двузамещенному фосфату кальция  $\text{CaHPO}_4$  (контроль). Каждая из этих солей являлась

единственным источником фосфора для опытных растений.

Как и в предыдущих опытах, была использована питательная смесь Прянишникова (с 1/2 дозы  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), причем в различных вариантах опыта вносили один из перечисленных фосфатов из расчета 564 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  на сосуд. Общее содержание фосфора (в расчете на  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) в  $\text{CaHPO}_4$  составляло 41 %, в фосфоритной муке — 16,5,  $\text{FePO}_4$ —40,1,  $\text{AlPO}_4$ —40,3 %. Фоном в каждом сосуде (8 кг кварцевого песка) служили следующие растворы микроэлементов: 0,5 мг Мо (в виде соли молибденовокислого аммония); 0,5 мг Mn ( $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ); 0,5 мг В ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ); 0,1 мг Cu ( $\text{CuCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) и 0,1 мг Zn ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).

Посев проводили наклюнувшимися семенами, зараженными нитрагином. Люпин высевали 25 мая, остальные культуры — 27 мая. Всходы у люпина и гороха появились 31 мая, у сои — 3 июня, у фасоли — 7 июня. После прореживания в каждом сосуде было оставлено по 6 растений люпина и гороха (10 июня), сои, фасоли (14 июня).

Растительную массу убирали и учитывали в фазу бутонизации (по 2 сосуда) и в начале фазы образования бобов. Фаза бутонизации у люпина наступала 13 июля, у гороха и фасоли — 28 июня, у сои — 7 июля; фаза цветения — соответственно 22; 3; 5 и 19 июля; образования бобов — 28; 7; 10 и 24 июля.

## Результаты исследований

Согласно данным табл. 1 из 5 опытных растений лишь сераделла (в течение всей вегетации) и узколистый люпин (в начале вегетации) в вариантах с фосфоритной мукой развивались хуже, чем при внесении двузамещенного фосфата кальция. Другие растения в первом случае развивались не хуже или даже лучше, чем в последнем. Следовательно, фосфор фосфоритной муки в условиях песчаной культуры был хорошо доступен многолетнему и желтому кормовому люпинам, а также доннику с начала вегетации, а узколистному люпину — в течение всей вегетации, за исключением самого раннего периода. Для сераделлы фосфорит оказался значительно менее доступным, чем фосфор  $\text{CaHPO}_4$ .

У кормовых бобов надземные органы были наиболее развиты в варианте с двузамещенным фосфатом кальция и наименее — при внесении каратауского фосфорита. И если цветение кормовых бобов в сосудах с нормальной смесью Прянишникова ( $\text{CaHPO}_4$ ) начиналось 26 июля (примерно через 40 дней после всходов), то при использовании каратауского фосфорита — только в начале августа. Зеленые бобы в первом случае образовались 8 сентября, а в двух других вариантах к этому сроку они еще не появились.

Фосфор фосфоритной муки, полученной из каратауского фосфорита, слабо использовался кормовыми бобами (табл. 2 и 3).

В растениях, убранных 12 июля (на 25-й день после всходов), при внесении в сосуды вятского фосфорита относительное и абсолютное содержание фосфора было соответственно в 4,5 и 5 раз меньше, чем в сосудах с  $\text{CaHPO}_4$ ; еще ниже оно было в варианте с каратауским фосфоритом. Подобные результаты были получены и при уборке растений 8 сентября. Расчеты показывают, что кормовые бобы за период вегетации использовали из  $\text{CaHPO}_4$  75 % фосфора, из вятского фосфорита — 13, а из каратауского — только около 5 %.

Таблица 1

Сухая масса (г/сосуд) надземных органов бобовых (в числителе)  
и корней (в знаменателе) в первой серии опытов, 1961 г.

Источник фосфора	5/VII	15/VII	25/VII	2/VIII
Многолетний люпин				
CaHPO <sub>4</sub>	$\frac{5,85 \pm 0,65}{—}$	$\frac{7,50 \pm 0,40}{2,95 \pm 0,05}$	$\frac{8,82 \pm 0,52}{5,90 \pm 0,30}$	$\frac{12,00 \pm 0,4}{5,00 \pm 0,9}$
Фосфорит	$\frac{7,90 \pm 0,50}{—}$	$\frac{7,60 \pm 0,80}{4,85 \pm 0,15}$	$\frac{10,85 \pm 1,00}{10,25 \pm 0,30}$	$\frac{14,12 \pm 0,4}{16,50 \pm 0,9}$
Узколиственный люпин				
CaHPO <sub>4</sub>	$\frac{8,40 \pm 0,40}{—}$	$\frac{14,25 \pm 0,75}{6,95 \pm 0,45}$	$\frac{21,50 \pm 0,80}{10,65 \pm 1,35}$	$\frac{21,88 \pm 3,06}{10,00 \pm 3,07}$
Фосфорит	$\frac{5,90 \pm 0,80}{—}$	$\frac{11,35 \pm 1,55}{8,10 \pm 1,10}$	$\frac{17,80 \pm 0,40}{11,85 \pm 0,35}$	$\frac{20,25 \pm 3,06}{12,10 \pm 3,03}$
Желтый кормовой люпин				
CaHPO <sub>4</sub>	$\frac{8,00 \pm 0,70}{—}$	$\frac{10,80 \pm 1,40}{4,90 \pm 0,50}$	$\frac{20,45 \pm 1,16}{6,70 \pm 0,30}$	$\frac{20,00 \pm 3,6}{5,75 \pm 2,06}$
Фосфорит	$\frac{9,10 \pm 0,70}{—}$	$\frac{11,50 \pm 0,30}{5,00 \pm 0,90}$	$\frac{18,80 \pm 1,60}{9,25 \pm 1,25}$	$\frac{17,80 \pm 3,6}{8,75 \pm 2,06}$
Серделла				
CaHPO <sub>4</sub>	$\frac{5,45 \pm 0,25}{—}$	$\frac{7,55 \pm 0,85}{0,75 \pm 0,25}$	$\frac{12,80 \pm 1,00}{5,50 \pm 1,10}$	$\frac{19,25 \pm 1,33}{6,70 \pm 0,9}$
Фосфорит	$\frac{3,85 \pm 0,45}{—}$	$\frac{4,55 \pm 0,95}{0,35 \pm 0,05}$	$\frac{7,17 \pm 0,12}{5,10 \pm 1,50}$	$\frac{14,25 \pm 1,33}{4,85 \pm 0,9}$
Донник белый				
CaHPO <sub>4</sub>	$\frac{0,70 \pm 0,00}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{11,0 \pm 0,50}{6,00 \pm 1,50}$	$\frac{10,50 \pm 0,55}{11,70 \pm 1,2}$
Фосфорит	$\frac{0,95 \pm 0,15}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{10,0 \pm 0,00}{8,00 \pm 0,00}$	$\frac{11,50 \pm 0,55}{12,00 \pm 1,2}$

Таким образом, фосфор фосфорита плохо используется кормовыми бобами, поэтому на почвах, не обладающих кислой реакцией, не следует вносить фосфоритную муку под данную культуру.

В третьей серии опытов (табл. 4) растения разных вариантов, если судить по их сухой массе, перед фазой бутонизации были развиты при-

Таблица 2

Содержание сухого вещества (г/сосуд) в надземных органах кормовых бобов  
(в числителе) и корней (в знаменателе). Песчаная культура, 1962 г.

Источник фосфора	12/VII	30/VII	20/VIII	8/IX
CaHPO <sub>4</sub>	$\frac{4,73 \pm 0,38}{2,27 \pm 0,07}$	$\frac{12,95 \pm 0,19}{4,11 \pm 0,13}$	$\frac{34,00 \pm 0,10}{6,70 \pm 0,10}$	$\frac{39,85 \pm 3,88}{19,28 \pm 1,59}$
Фосфорит:				
каратауский	$\frac{3,51 \pm 0,19}{2,46 \pm 0,10}$	$\frac{6,89 \pm 0,23}{3,56 \pm 0,04}$	$\frac{8,46 \pm 0,44}{4,01 \pm 0,29}$	$\frac{13,33 \pm 3,88}{5,19 \pm 1,59}$
вятский	$\frac{3,06 \pm 0,05}{2,10 \pm 0,30}$	$\frac{9,20 \pm 0,07}{3,65 \pm 0,02}$	$\frac{15,80 \pm 0,10}{5,23 \pm 0,18}$	$\frac{23,26 \pm 3,88}{5,70 \pm 1,59}$

Содержание фосфора ( $P_2O_5$ ) в растительной массе кормовых бобов

Источник фосфора	12/VII		8/IX		12/VII	8/IX
	надземные органы	корни	надземные органы	корни	надземные органы	корни
	% от сухой массы				мг на сосуд	
$CaHPO_4$	1,55	1,30	0,99	0,38	102,8	430,8
Фосфорит:						
каратауский	0,35	0,30	0,14	0,20	19,7	28,3
вятский	0,60	0,45	0,24	0,26	27,8	74,7

мерно одинаково. Однако по содержанию фосфора в листьях, стеблях и корнях (% на сухое вещество, или мг на сосуд) в этот период уже выявились некоторые различия вариантов (табл. 5). Самым высоким оно оказалось у всех растений

Т а б л и ц а 4

Сухая масса сине-розового люпина, гороха, сои и фасоли (г на сосуд) в фазу бутонизации в третьей серии опытов, 1965 г.

Органы растений	$CaHPO_4$	Фосфорит	$FePO_4$	$AlPO_4$
Люпин сине-розовый				
Надземные	14,00	13,65	12,65	13,77
в т. ч.				
листья	5,82	5,50	5,40	5,67
стебли	8,17	8,15	7,25	8,10
Корни	3,10	2,00	2,40	3,30
Горох				
Надземные	8,15	9,39	8,55	8,05
в т. ч.				
листья	3,70	4,02	3,95	3,80
стебли	4,45	5,37	4,60	4,25
Корни	1,80	1,95	1,87	1,67
Соя				
Надземные	6,22	7,05	5,70	6,95
в т. ч.				
листья	3,77	4,20	3,55	4,10
стебли	2,45	2,85	2,15	2,85
Корни	1,25	1,20	1,12	1,30
Фасоль				
Надземные	6,26	6,85	6,02	6,25
в т. ч.				
листья	4,06	4,30	3,90	4,05
стебли	2,20	2,55	2,12	2,20
Корни	1,60	2,12	1,90	1,55

при внесении двуазотного фосфата кальция ( $CaHPO_4$ ). В варианте с фосфоритной мукой содержание фосфора у сои было почти таким же, а у других бобовых — несколько меньше, чем в варианте с  $CaHPO_4$ .

Содержание фосфора в различных органах сине-розового люпина при внесении  $AlPO_4$  и  $FePO_4$  было лишь несколько меньше, а в сое — значительно меньше, чем в варианте с фосфоритной мукой. У гороха и фасоли в варианте с  $AlPO_4$  количество фосфора было почти такое же, как и при использовании фосфоритной муки, а в варианте с  $FePO_4$  — гораздо меньше.

После бутонизации развитие фасоли в варианте с  $AlPO_4$  сильно ухудшилось.

До образования бобов (2-й срок уборки) сине-розовый люпин хорошо рос и развивался при использовании всех источников фосфора и особенно  $AlPO_4$  (табл. 6), горох и фасоль плохо росли в варианте с  $AlPO_4$  (минимальная сухая масса) и одинаково хорошо — в остальных вариантах.

Содержание фосфора в сине-розовом люпине в этот срок уборки, как и в 1-й, в вариантах с  $FePO_4$  и  $AlPO_4$  было ниже, чем при внесении  $CaHPO_4$  и фосфоритной муки, хотя, как уже отмечалось, надземные органы его росли одинаково хорошо во всех вариантах. В условиях этого опыта люпин использовал из  $CaHPO_4$  78,3 %  $P_2O_5$ , из фосфорита — 65,8, из  $FePO_4$  — 40,9, из  $AlPO_4$  — 47,6 %  $P_2O_5$  от внесенного (564 мг на сосуд).

Т а б л и ц а 5

Содержание  $P_2O_5$  в сухой массе люпина, гороха, сои и фасоли в фазу их бутонизации (в числителе — %, в знаменателе — мг на сосуд) в третьей серии опытов, 1965 г.

Источник фосфора	Люпин			Горох		
	Листья	Стебли	Корни	Листья	Стебли	Корни
СаНРО <sub>4</sub>	1,11	0,82	1,12	1,10	0,83	2,89
	64,6	66,9	34,7	40,7	36,9	52,0
Фосфоритная мука	0,87	0,68	0,90	0,88	0,69	1,04
	47,8	55,4	18,0	35,3	37,0	20,0
FePO <sub>4</sub>	0,70	0,46	0,50	0,70	0,44	0,77
	37,8	33,3	12,0	27,6	20,2	14,3
AlPO <sub>4</sub>	0,64	0,44	0,52	0,91	0,69	1,06
	36,2	35,6	17,1	34,5	29,3	17,7
	Соя			Фасоль		
СаНРО <sub>4</sub>	1,01	0,89	1,98	1,06	0,86	1,14
	38,0	21,8	24,7	43,0	18,9	18,2
Фосфоритная мука	0,93	0,76	1,66	0,78	0,56	0,73
	39,0	21,6	19,9	33,5	14,2	15,4
FePO <sub>4</sub>	0,66	0,53	0,64	0,67	0,47	0,57
	23,4	11,4	7,1	26,1	9,0	9,7
AlPO <sub>4</sub>	0,56	0,43	0,72	0,86	0,64	0,82
	22,9	12,2	9,3	34,8	14,0	12,7

Т а б л и ц а 6

Сухая растительная масса сине-розового люпина, гороха, сои и фасоли (г на сосуд) в фазу начала образования бобов в третьей серии опытов, 1965 г.

Источник фосфора	Надземная масса	В т. ч.			Корни	В т. ч. клубеньки
		листья	стебли	бобы		
		Люпин				
СаНРО <sub>4</sub>	34,45	—	—	—	8,70	—
Фосфоритная мука	32,05	—	—	—	5,55	—
FePO <sub>4</sub>	30,55	—	—	—	6,80	—
AlPO <sub>4</sub>	36,65	—	—	—	10,15	—
тД	±1,91	—	—	—	±0,84	—
		Горох				
СаНРО <sub>4</sub>	38,02	7,25	13,07	17,70	4,07	—
Фосфоритная мука	36,86	7,61	12,55	17,70	4,00	—
FePO <sub>4</sub>	36,05	6,30	11,75	18,00	4,05	—
AlPO <sub>4</sub>	18,71	4,86	6,45	7,40	2,20	—
тД	±0,82	±0,50	±0,77	±1,20	±0,47	—
		Соя				
СаНРО <sub>4</sub>	46,85	20,15	13,15	13,55	8,50	3,10
Фосфоритная мука	43,77	15,47	11,75	16,55	7,50	1,45
FePO <sub>4</sub>	47,70	19,40	14,40	13,40	7,60	2,80
AlPO <sub>4</sub>	47,95	18,30	14,20	15,45	8,00	2,70
тД	±1,78	±1,31	±1,20	±1,29	±0,36	±0,07
		Фасоль				
СаНРО <sub>4</sub>	23,66	8,22	9,22	6,22	4,42	0,90
Фосфоритная мука	21,85	6,95	8,65	6,25	4,35	0,80
FePO <sub>4</sub>	25,27	8,50	8,60	8,17	5,34	0,92
AlPO <sub>4</sub>	14,22	6,10	5,95	2,07	3,77	0,47
тД	±1,32	±0,78	±0,61	±0,87	±0,36	±0,03

Содержание  $P_2O_5$  (2-й срок уборки) в сине-розовом люпине, горохе, сое и фасоли в фазу начала образования бобов в третьей серии опытов, 1965 г.

Источник фосфора	Листья	Стебли	Бобы	Корни	Клубеньки	Всего, мг на сосуд***
	% от сухой массы					
Люпин*						
CaHPO <sub>4</sub>	1,01	—	—	1,08	—	441,90
Фосфоритная мука	0,97	—	—	1,10	—	371,93
FePO <sub>4</sub>	0,63	—	—	0,56	—	230,85
AlPO <sub>4</sub>	0,58	—	—	0,55	—	268,39
Горох**						
CaHPO <sub>4</sub>	0,68	0,56	0,98	1,06	—	339,08
Фосфоритная мука	0,52	0,37	0,80	0,56	—	244,80
FePO <sub>4</sub>	0,50	0,37	0,77	0,44	—	213,57
AlPO <sub>4</sub>	0,82	0,68	1,02	0,88	—	159,39
Соя						
CaHPO <sub>4</sub>	0,93	0,79	1,36	0,78	1,27	557,04
Фосфоритная мука	0,63	0,47	1,30	0,70	1,35	351,50
FePO <sub>4</sub>	0,48	0,45	0,83	0,40	1,01	315,70
AlPO <sub>4</sub>	0,41	0,27	0,79	0,46	1,01	286,07
Фасоль						
CaHPO <sub>4</sub>	1,13	0,74	0,97	1,47	1,16	290,62
Фосфоритная мука	1,00	0,59	0,95	1,29	1,20	235,29
FePO <sub>4</sub>	0,69	0,48	0,72	0,71	0,93	198,69
AlPO <sub>4</sub>	1,37	0,88	1,04	1,12	1,22	201,19

\* Содержание  $P_2O_5$  в общей надземной массе определяли без отдельного учета в листьях и стеблях, а в общей корневой массе — без отдельного учета клубеньков.

\*\* Клубеньки отдельно не учитывались.

\*\*\* Внесено 564 мг  $P_2O_5$  на сосуд.

В горохе при внесении фосфоритной муки и FePO<sub>4</sub> содержалось примерно одинаковое количество фосфора. Близкими оказались также коэффициенты использования фосфора, но значение их были несколько ниже, чем при внесении CaHPO<sub>4</sub>. В варианте с AlPO<sub>4</sub> содержание фосфора в листьях, стеблях и бобах было более высоким, чем в других вариантах, однако вынос его (мг на сосуд) и коэффициент использования здесь наименьшие.

По содержанию фосфора в надземных органах сои, выносу и коэффициенту его использования различные фосфаты можно расположить в следующий ряд в убывающем порядке: с CaHPO<sub>4</sub>, фосфоритной мукой, FePO<sub>4</sub>, AlPO<sub>4</sub>.

В фасоли, так же как и в горохе, наибольшее содержание фосфора в надземных органах отмечалось при внесении AlPO<sub>4</sub>. Но поскольку фасоль слабо росла в этом варианте, общий вынос и коэффициент использования фосфора были такими же низкими, как и при использовании FePO<sub>4</sub>.

Таким образом, исследования показали, что люпины хорошо растут даже при таких источниках фосфора, как фосфаты железа и алюминия, хотя в этом случае содержание фосфора в них значительно ниже, чем при использовании других его источников — CaHPO<sub>4</sub> и Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Отмеченная особенность люпина является одной из причин того, что он лучше, чем другие бобовые, растет даже на неизвесткованных кислых почвах, когда среди источников фосфора в питательной среде заметное место занимают фосфаты железа и алюминия.

В то же время урожай гороха и фасоли в вариантах с  $\text{AlPO}_4$  значительно ниже, чем по  $\text{CaHPO}_4$  и фосфориту, при относительно большем содержании фосфора в растительной массе. У этих растений в указанном варианте был низкий коэффициент использования фосфора удобрения.

### Выводы

1. Для многолетнего люпина, желтого кормового люпина и донника, синерозового люпина, сои и фасоли, а также для узколистного алкалоидного люпина фосфор фосфорита в условиях песчаных культур был таким же хорошим источником питания, как и фосфор  $\text{CaHPO}_4$  во все фазы развития растений. Исключение составил синерозовый люпин в ранний период вегетации. Для сераделлы и кормовых бобов фосфорит как источник фосфора сильно уступал  $\text{CaHPO}_4$ .

2. Синерозовый люпин и соя хорошо росли и развивались в вариантах со всеми испытанными источниками фосфора —  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ . Для гороха и фасоли худшим из источников фосфора оказался  $\text{AlPO}_4$ , эффективность действия остальных фосфатов была почти одинаковой и достаточно высокой.

3. Синерозовый люпин в условиях песчаных культур использовал из  $\text{CaHPO}_4$  78 % внесенного фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), из фосфорита — 66, из  $\text{FePO}_4$  — 41, из  $\text{AlPO}_4$  — 48 %; горох — соответственно 60; 43; 38 и 28; соя — 99; 62; 56 и 51; фасоль — 51; 42; 33 и 36 %.

Следовательно, фосфор этих фосфатов в той или иной степени был доступен для всех исследованных бобовых, но лучше других их использовали синерозовый люпин и соя. Для гороха несколько менее доступным оказался фосфор  $\text{AlPO}_4$ , для фасоли — и  $\text{AlPO}_4$ , и  $\text{FePO}_4$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин Н. С. Основные вопросы земледелия в Нечерноземной полосе СССР. МГУ, 1955. — 2. Асаров Х. К. Многолетний люпин и фосфаты. — В сб.: Памяти Д. Н. Прянишникова. М.: Изд-во АН СССР, 1950. — 3. Аскинази Д. Л. Формы кислотности и емкости поглощения почв в связи с их известкованием и фосфоритованием. — Тр. НИУ, 1926, № 38. — 4. Аскинази Д. Л., Ярусов С. С. О формах кислотности почв в связи с разложением в них извести и фосфорита. —

Из резуль. вегетац. опытов и лаборат. работ. Т. XV. М.: ТСХА, 1930. — 5. Голубев Б. А., Иванова Л. Л. Причины отзывчивости почв на фосфоритование. — Из резуль. вегетац. опытов и лаборат. работ. Т. XIV. М.: ТСХА, 1928. — 6. Прянишников Д. Н. Агрохимия. М.: СХГИЗ, 1940. — 7. Чириков Ф. В. Агрохимия калия и фосфора. М.: Сельхозгиз, 1956.

*Статья поступила 22 февраля 1980 г.*

### SUMMARY

In pot trials,  $\text{CaHPO}_4$ , phosphorites,  $\text{AlPO}_4$  and  $\text{FePO}_4$  were the only source of phosphorus for legumes. It is shown that phosphorite was almost as good a source of phosphorus for perennial, yellow fodder, blue-pink and alkaloid blue lupine, sweet clover, soybean and kidney bean as  $\text{CaHPO}_4$  at all stages of plant development except the beginning of the vegetative stage. For bird's foot and fodder legumes phosphorite was much less available.

For blue-pink lupine and soybean,  $\text{AlPO}_4$   $\text{FePO}_4$  and were close to phosphorite in phosphorus availability. For peas, the least available was phosphorus from  $\text{AlPO}_4$ , and for kidney bean — phosphorus from  $\text{AlPO}_4$  and  $\text{FePO}_4$ .