

УДК 631.85:631.815.2

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВОЙНОГО СУПЕРФОСФАТА, АММОФОСА И СМЕСЕЙ ПРОДУКТОВ ЧАСТИЧНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ АМОРФНЫХ ФОСФОРИТОВ С КРАСНЫМ ФОСФОРОМ В ПОЛЕВЫХ И ВЕГЕТАЦИОННЫХ ОПЫТАХ

П. М. СМИРНОВ, А. Н. КУЛЮКИН, А. П. ЧЕРНЫШОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Фосфорные удобрения играют исключительно важную роль в формировании высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Однако темпы производства этих удобрений не обеспечивают удовлетворения потребности в них отечественного земледелия. Достаточно сказать, что большие площади зерновых культур не получают фосфаты даже при посеве (в рядки).

Около половины общих запасов фосфатного сырья (48 %) содержит 3—15 %  $P_2O_5$  [6]. Это сырье без предварительного обогащения нельзя использовать для производства фосфорных удобрений по традиционной технологии, основанной на кислотном разложении фосфоритов и апатитов [4]. Значительная часть фосфатного сырья представлена фосфоритами, залежи которых имеются в различных районах страны. Низкопроцентные фосфориты плохо поддаются обогащению, а из-за содержания примесей в виде полугорных окислов, карбонатов магния и кремния их переработка на удобрения способом кислотного разложения практически невозможна [4]. В этой связи исследования возможности использования низкопроцентных фосфоритов для производства фосфатных туков имеют исключительно важное значение как в технологическом, так и в агрохимическом аспекте.

Технологи и агрохимики сравнительно недавно стали уделять внимание поиску подходящих методов повышения растворимости аморфных фосфоритов для расширения диапазона их действия. В 1935 г. В. В. Буткевич [1] предложил применять для разложения присутствующего в фосфорите углекислого кальция газообразный хлор. В процессе хлорирования фосфоритной муки газообразным хлором образуются соляная и хлорноватистая кислоты, разлагающие органическое вещество и углекислый кальций фосфорита. Полевые опыты показали [2], что обработка фосфоритной муки газообразным хлором приводит к повышению не только ее прямого действия, но и последствия. В результате хлорирования в ряде случаев эффект от применения фосфорита оказывался таким же, как от суперфосфата. В дальнейших исследованиях [7] отмечалась недостаточная эффективность хлорированных фосфоритов и указывалось на необходимость совершенствования технологии их хлорирования.

Эффективность фосфоритной муки можно повысить путем обработки ее небольшими дозами фосфорной кислоты [3, 8, 9], которая не только разлагает кальцит, но и обогащает фосфоритную муку легкодоступным фосфором. В вегетационном опыте с кукурузой [8] было показано, что при добавлении 7,6—15,2 %  $H_3PO_4$  к высококарбонатному фосфориту получается продукт, не уступающей суперфосфату по своему

действию на кукурузу. В опытах других зарубежных исследователей [10] урожаи кукурузы (полевой опыт), проса и люцерны (вегетационный опыт) были наибольшими при 20 %-ной обработке фосфорита ортофосфорной кислотой (расход  $H_3PO_4$  для получения двойного суперфосфата принят за 100 %). Содержание фосфора в растениях также было максимальным при 20 %-ном уровне обработки. Такого рода результаты авторы объясняют дополнительным освобождением фосфора из фосфорита вследствие воздействия на него  $H_3PO_4$ , образующейся в почве при гидролизе монофосфата кальция.

Исследования с  $^{32}P$  позволили установить, что коэффициент использования фосфора при одинаковом содержании его в удобрениях был выше в том случае, если в них содержалось больше сырого фосфата, не вступившего в реакцию с  $H_3PO_4$  [11]. Опыты кафедры агрономической и биологической химии Тимирязевской академии также свидетельствуют о высокой эффективности продуктов частичного разложения аморфных фосфоритов. Сокращение нормы расхода  $H_3PO_4$  в 4 раза (по сравнению с расходом кислоты для получения двойного суперфосфата) дает возможность получать из аморфных фосфоритов продукт, не уступающий по эффективности двойному суперфосфату [5].

Продукты частичного разложения аморфных фосфоритов можно обогащать катализированным красным фосфором. Для получения 1 т такого удобрения требуется примерно 70 кг красного фосфора. Смешивание частично разложенного фосфорита с катализированным красным фосфором дает возможность довести содержание общего фосфора в удобрении до 50—60 %. Красный фосфор, постепенно окисляясь в почве (в присутствии катализатора), обладает более длительным последствием, чем суперфосфат. Путем смешивания катализированного красного фосфора с частично разложенной фосфоритной мукой предполагалось получить продукты окисления красного фосфора, которые будут действовать в почве на неразложенный фосфорит и способствовать переводу его в более растворимую форму. Поскольку процесс окисления красного фосфора медленный, то его смесь с частично разложенным аморфным фосфоритом должна обладать хорошим прямым действием и значительным последствием. Опыт, проведенный с картофелем на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве, показал высокую эффективность нового удобрения в первый год его действия [5].

Цель наших исследований состояла в сравнительном изучении действия аммофоса, двойного суперфосфата, частично разложенного аморфного фосфорита и его смесей с катализированным красным фосфором на урожайность подсолнечника и горохо-овсяной смеси при их выращивании на супесчаной дерново-подзолистой почве. Изучали также последствие в течение двух лет (1977—1978) разных фосфорсодержащих удобрений в вегетационном опыте (опыт проводился аспиранткой Н. Е. Самсоновой с 1974 по 1976 г.).

### Методика и материалы опытов

Для проведения исследований использовалась фосфоритная мука Егорьевского месторождения, содержащая 21,6 %  $P_2O_5$ . Фосфорит обрабатывали ортофосфорной кислотой из расчета 12,5; 25; 50 и 100 % от количества  $H_3PO_4$ , необходимого для получения двойного суперфосфата. На 100 г фосфорита приходилось соответственно 5,4; 10,8; 21,6 и 43,2 г  $P_2O_5$  реагента. Фосфоритную муку опрыскивали раствором  $H_3PO_4$  (поверхностная обработка), при этом расход водного раствора ортофосфорной кислоты на каждые 100 г фосфорита составил 25 мл.

Фосфорит в процессе обработки раствором  $H_3PO_4$  тщательно перемешивали и подсушивали в естественных условиях до воздушно-сухого состояния. Красный фосфор предварительно активировали перитным огарком (1 % Fe+Cu от массы красного фосфора).

Для приготовления смесей к активированной фосфоритной муке добавляли катализированный красный фосфор в таких количествах, чтобы общее его содержание соответствовало 100 %  $H_3PO_4$ , требуемой для производства двойного суперфосфата.

Обработка фосфоритной муки небольшо-

Содержание водорастворимого, цитратно-растворимого и общего фосфора в частично разложившемся и обогащенном красным фосфором фосфорите (%)

Степень разложения фосфорита, %	Доза $P_2O_5$ , г на 100 г фосфорита		$P_2O_5$			Сумма водо- и цитратно- раствори- мого $P_2O_5$
	в виде кислоты	в виде $P_{кр}$	общий	водорастворимый	цитратно- раствори- мый	
О (обычный фосфорит)	—	—	21,6	—	6,4	6,4
12,5 $H_3PO_4$	5,4	—	24,0	2,3	7,0	9,3
25 $H_3PO_4$	10,8	—	28,7	7,5	8,0	15,5
12,5 $H_3PO_4 + 87,5 P_{кр}$	5,4	37,8	54,0	4,6	6,0	10,6
25 $H_3PO_4 + 75 P_{кр}$	10,8	32,4	52,0	10,2	7,5	17,7

Примечание.  $P_{кр}$ —красный фосфор.

ми количествами  $H_3PO_4$  способствовала повышению содержания водорастворимого и цитратно-растворимого фосфора (табл. 1). Например, при 25 %-ном уровне разложения общее содержание  $P_2O_5$  в удобрениях возросло до 28,7 % против 21,6 % в исходном фосфорите. Сумма водорастворимого и цитратно-растворимого фосфора в этом удобрении составила 15,5 %. При добавлении катализированного красного фосфора к частично разложившейся фосфоритной муке содержание общего фосфора увеличивалось до 52—54 %.

Вегетационный опыт проводился в течение 5 лет начиная с 1974 г. (первые 3 года Н. Е. Самсоновой). Дозы составляли: N — 1,0 г,  $P_2O_5$  — 0,80 и  $K_2O$  — 1,2 г на сосуд. В качестве азотных и калийных удобрений использовали растворы  $NH_4NO_3$  и KCl. Фосфорные удобрения вносили только в первые два года проведения опыта — по 1,6 г  $P_2O_5$  в каждый сосуд. Дозы  $P_2O_5$  в опытах рассчитывали исходя из общего содержания  $P_2O_5$  в удобрениях.

В первые три года выращивали райграс многоукосный. В сосудах оставляли по 100 растений. Ежегодно производили по 3—4 укоса. После 2-го и 3-го укосов растения подкармливали азотом и калием — по 0,25 г N и  $K_2O$  на сосуд. В 1977 г. выращивали вико-овсяную смесь, под которую внесли N — 0,8 г,  $K_2O$  — 0,8 и Mg — 0,3 г на сосуд. После уборки вико-овсяной смеси сосуды перебывали и высевали (в 1978 г.) клевер сорта Московский 1, под который вносили N и  $K_2O$  соответственно 0,3 и 0,6 г на сосуд.

Почва дерново-среднеподзолистая средне-суглинистая с Опытной станции лесоводства Тимирязевской академии. Ее агрохимические показатели следующие:  $pH_{вод}$  — 5,4;  $pH_{сол}$  — 4,2;  $N_{об}$  — 1,5 мэкв; S — 8,2 мэкв

на 100 г; V — 24,4 %;  $K_2O$  по Масловой — 5,0 мг;  $P_2O_5$  по Кирсанову — 2,16 мг; подвижный алюминий — 7,2 мг; легкогидролизуемый азот по Тюрину — 11,5 мг; общий азот — 130,2 мг на 100 г.

Перед закладкой опыта почва была известкована жженной известью, вследствие чего гидролитическая кислотность снизилась до 1,8 мэкв на 100 г, а уровень  $pH_{сол}$  увеличился до 6,2. Через три года значение  $pH_{сол}$  в сосудах снизилось до 5,0,  $N_T$  возросла до 2,5 мэкв на 100 г. Перед посевом вико-овсяной смеси (на 4-й год) в сосуды с почвой был внесен углекислый кальций (по 3/4  $N_T$ ). Цель повторного известкования — исключить влияние кислотности почвы на разложение входящего в состав новых удобрений фосфорита.

В полевом опыте, проводившемся в 1977 и 1978 гг. в совхозе «Шатурский» Шатурского района Московской области, выращивали подсолнечник сорта ВНИИМК и горохо-овсяную смесь. Площадь опытной делянки 117,6 м<sup>2</sup>, учетная площадь — 50 м<sup>2</sup>, повторность опыта — 4-кратная. Дозы N,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  соответственно 120; 90 и 120 кг на 1 га. Все удобрения вносили ранней весной под перелашку. При расчете дозы фосфора исходили из общего содержания  $P_2O_5$  в удобрениях. Подсолнечник высевали 20 мая 1977 г., а горохо-овсяную смесь — 25 мая 1978 г., убирали их соответственно 25 августа и 27 июля. При учете урожая взвешивали всю зеленую массу с учетной площади.

Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, агрохимическая характеристика ее следующая:  $pH_{сол}$  — 5,3;  $N_T$  — 3,2 мг·экв на 100 г; S — 10,5 мг·экв на 100 г, подвижные  $P_2O_5$  и  $K_2O$  по Кирсанову — соответственно 12,4 и 15,6 мг на 100 г почвы.

### Результаты вегетационного опыта

Частичное разложение фосфоритной муки ортофосфорной кислотой позволило получить эффективное фосфорное удобрение (табл. 2). Так, при 25 %-ном уровне разложения масса сухого вещества райграса за 3 года составляла 104,6 г на сосуд против 110,6 г в варианте с суперфосфатом. Повторное известкование, проведенное через 3 года, в 1-й год

Урожай райграса, вико-овсяной смеси и клевера в зависимости от степени разложения фосфорита (г сухого вещества на сосуд)

Варианты опыта	Урожай райграса за 3 года (1974—1976)	Урожай вико-овсяной смеси в 1977 г.	Урожай клевера в 1978 г.	Общая масса сухого вещества всех культур	Прибавка к фону
1—НК (фон)	29,2	20,9	6,2	56,3	—
2—фон+P <sub>с.д</sub>	110,6	29,4	9,9	149,9	93,6
3—»+P <sub>кр</sub>	73,7	25,2	8,8	107,7	51,4
4—»+P <sub>ф.м.</sub>	69,2	26,4	6,0	101,6	45,3
5—»+ф.м.+100% P <sub>кр</sub>	79,6	28,0	7,2	114,8	58,5
6—фон+ф.м.+(25% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	104,6	22,3	9,8	136,7	80,4
7—фон+ф.м. (50% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	109,5	26,1	10,4	146,0	89,7
8—фон+ф.м. (100% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	111,3	27,9	11,2	150,4	94,1
9—фон+ф.м. (25% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +75% P <sub>кр</sub> )	102,3	26,4	9,5	138,2	81,9
10—фон+ф.м. (50% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> +50% P <sub>кр</sub> )	114,5	27,3	10,8	152,6	96,3
НСР <sub>об</sub>	—	3,8	1,7	—	—

Примечание. с.д—суперфосфат двойной, ф.м.—фосфоритная мука.

отрицательно сказалось на степени последствия фосфорита с 25 %-ным уровнем разложения. В 1977 г. в варианте с суперфосфатом урожайность райграса была выше, чем в варианте с частично разложенным фосфоритом (25 %-ный уровень разложения). На 2-й год после повторного известкования (5-й год опыта) фосфорит с 25 %-ным уровнем разложения и двойной суперфосфат оказывали одинаковое последствие на урожай клевера.

Фосфорит с 50 %-ным уровнем разложения не уступал по действию на урожай выращиваемых культур двойному суперфосфату во все годы опыта.

При использовании обогащенных катализированным красным фосфором частично разложенных фосфоритов и двойного суперфосфата прибавки урожая всех выращиваемых культур были практически одинаковыми. В вариантах с двойным суперфосфатом (2-й) и смесями частично разложенного фосфорита с красным фосфором (9-й и 10-й) получены следующие прибавки сухого вещества всех культур за 5 лет (г/сосуд): 93,6; 81,9; 96,3. Следовательно, действие обогащенного красным фосфором фосфорита с 25 %-ным уровнем разложения было несколько слабее, чем двойного суперфосфата. Общая масса сухого вещества в вариантах с этим удобрением и двойным суперфосфатом за 5 лет составила соответственно 138,2 и 149,9 г/сосуд. Следует, однако, отметить, что ежегодные различия в урожаях между 2-м и 9-м вариантами статистически недостоверны.

Действие фосфоритной муки (4-й вариант) на урожай выращиваемых культур во все годы опыта было значительно ниже, чем двойного суперфосфата, а также продуктов частичного разложения фосфоритов и их смесей с красным фосфором.

При внесении в почву двойного суперфосфата ионы  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  поступали в растения более интенсивно, чем при использовании частично разложенного фосфорита и его смесей с катализированным красным фосфором (табл. 3). Это объясняется тем, что все фосфорные удобрения вносили в почву за 2 дня до посева и за этот короткий срок фосфор двойного суперфосфата не мог закрепиться в почве. Изучение последствия удобрений еще в течение 2—3 лет позволит сделать окончательный вывод относительно доступности и усвоения фосфора растениями из новых удобрений. В нашем опыте (табл. 3) при частичном разложе-

Таблица 3

## Вынос фосфора с урожаем и коэффициент использования его из удобрений

Варианты опыта	Вынос $P_2O_5$ , мг/сосуд		Коэффициент использования $P_2O_5$ , %
	за 3 года с урожаем райграса (1974—1976)	за 5 лет	
1—НК (фон)	96,0	180,7	—
2—фон+ $P_{с.д}$	742,0	971,5	49,4
3— » + $P_{кр}$	329,0	445	16,5
4— » + $P_{ф.м}$	291,0	402,2	13,8
5— » + $P_{ф.м}$ +100% $P_{кр}$	315,0	453,0	17,0
6— » + $P_{ф.м}$ . (25% $H_3PO_4$ )	440,0	553,1	23,2
7— » + $P_{ф.м}$ . (50% $H_3PO_4$ )	531,0	664,4	30,2
8— » + $P_{ф.м}$ . (100% $H_3PO_4$ )	628,0	830,0	40,6
9— » + $P_{ф.м}$ . (25% $H_3PO_4$ +75% $P_{кр}$ )	433,0	611,0	26,9
10— » + $P_{ф.м}$ . (50% $H_3PO_4$ +50% $P_{кр}$ )	511,0	743,7	35,2

нии (25 %  $H_3PO_4$ ) фосфорита коэффициент использования фосфора растениями был в 2 раза выше, чем в варианте с фосфоритной мукой (4-й вариант).

## Результаты полевого опыта

Урожай зеленой массы подсолнечника по суперфосфату и аммофосу был на 115 и 112 ц/га выше, чем в контроле, а по фосфоритной муке с 12,5- и 25 %-ным уровнями разложения — соответственно на 119 и 124 ц/га (табл. 4). Различия в урожае зеленой массы подсолнечника между вариантами с суперфосфатом и частично разложенным фосфоритом статистически недостоверны. Внесение этих удобрений под горохо-овсяную смесь также приводило к достоверному по сравнению с контролем повышению урожая. Причем фосфорит с 25 %-ным уровнем разложения ортофосфорной кислотой обеспечивал достоверно более высокую прибавку урожая зеленой массы горохо-овсяной смеси, чем двойной суперфосфат и аммофос. В 5-м варианте, где вносили смесь

Таблица 4

## Урожайность подсолнечника и горохо-овсяной смеси (ц/га) при внесении разных фосфорсодержащих удобрений

Варианты опыта ( $N_{120}P_{90}K_{120}$ ежегодно)	1977 г.		1978 г.	
	зеленая масса подсолнечника	прибавка урожая к контролю	зеленая масса горохо-овсяной смеси	прибавка урожая к контролю
1—НК (фон)	241,0	—	212,0	—
2—фон+ $P_{с.д}$	356,0	115,0	316,0	104,0
3—фон+ $P_{ф.м}$	315,0	74,0	266,0	54,0
4—фон+ $P_{ф.м}$ . (25% $H_3PO_4$ )	365,0	124,0	409,0	187,0
5—фон+ $P_{ф.м}$ . (25% $H_3PO_4$ +75% $P_{кр}$ )	408,0	167,0	338,0	116,0
6—фон+ $P_{ам.ф}$	353,0	112,0	350,0	138,0
7—фон+ $P_{ф.м}$ . (12,5% $H_3PO_4$ )	360,0	119,0	292,0	80,0
8—фон+ $P_{ф.м}$ . (12,5% $H_3PO_4$ +87,5% $P_{кр}$ )	341,0	100,0	323,0	111,0
9—фон+ $P_{кр}$	354,0	113,0	307,0	95,0
НСР <sub>05</sub>	55,0	—	37,0	—

Примечание. ам.ф.—аммофос.

Вынос и коэффициент использования фосфора при двухлетнем применении фосфорных удобрений

Варианты опыта ( $N_{120}P_{90}K_{120}$ ежегодно)	Вынос $P_2O_5$ , кг/га			Коэффициент использования $P_2O_5$ за 2 года, %
	урожаем подсолнечника	урожаем горохо-овсяной смеси	общий за 2 года	
1—НК—фон	32,6	30,3	62,9	—
2—фон+Рс.д	47,0	48,2	95,2	17,9
3— » +Рф.м	36,3	34,8	71,1	4,5
4— » ф.м. (25% $H_3PO_4$ )	42,7	55,4	98,1	19,6
5— » ф.м. (25% $H_3PO_4$ +75% $P_{кр}$ )	51,0	49,0	100,0	20,6
6— » +Рам.ф	46,0	55,0	101,0	21,2
7— » +ф.м. (12,5% $H_3PO_4$ )	44,4	41,1	85,5	12,5
8— » +ф.м. (12,5% $H_3PO_4$ +87,5% $P_{кр}$ )	44,0	48,3	92,3	16,3
9—фон+Ркр	43,8	43,7	87,5	13,6

частично (25 %) разложенной фосфоритной муки с катализированным красным фосфором, получена самая высокая прибавка урожая зеленой массы подсолнечника, которая была достоверно выше, чем при использовании двойного суперфосфата. В данном варианте, вероятно, обеспечивалось лучшее питание растений фосфором за счет постепенного окисления красного фосфора и разложения фосфоритной муки. Фосфаты этого удобрения, по-видимому, не переходят в почве в труднорастворимые соединения, как в случае применения суперфосфата. Трехкратное рыхление междурядий подсолнечника способствовало созданию хорошего воздушного режима и усиливало окисление красного фосфора в почве. Что касается катализированного красного фосфора, то его действие на данной почве с хорошим воздушным режимом в оба года было близко к действию двойного суперфосфата.

Фосфорит с 12,5 %-ным уровнем разложения и его смесь с катализированным красным фосфором оказались менее эффективными, чем фосфоритная мука с 25 %-ным уровнем разложения (4-й вариант) и ее смесь с красным фосфором (5-й вариант). Фосфоритная мука, как и следовало ожидать, по сравнению с другими удобрениями слабее влияла на урожай зеленой массы подсолнечника и горохо-овсяной смеси.

Из данных табл. 5 видно, что вынос и коэффициенты использования фосфора из удобрений за 2 года были практически одинаковыми при использовании двойного суперфосфата, частично разложенного фосфорита (4-й вариант), аммофоса и смеси частично разложенного фосфорита и красного фосфора (5-й вариант).

Таким образом, частичное разложение фосфоритной муки ортофосфорной кислотой позволяет получать эффективное фосфорное удобрение.

Обработка фосфорита небольшим количеством кислоты позволяет существенно повысить эффективность фосфоритной муки на слабокислых почвах и устранить путем грануляции ее неблагоприятные физические свойства.

### Выводы

1. В вегетационном опыте фосфоритная мука Егорьевского месторождения с 25- и 50 %-ными уровнями разложения и двойной суперфосфат оказывали практически одинаковое действие (а также последствие) на урожай сухой массы райграса, вико-овсяной смеси и клевера.

2. Двухлетнее испытание в полевых условиях показало, что фосфорит с 25%-ным уровнем разложения не уступал по своему действию на урожай подсолнечника и горохо-овсяной смеси двойному суперфосфату и аммофосу.

3. Выявлена высокая эффективность применения обогащенных катализированным красным фосфором продуктов частичного разложения фосфорита (фосфорит+25%  $H_3PO_4$ +75%  $P_{кр}$  и фосфорит+50%  $H_3PO_4$ +50%  $P_{кр}$ ) в качестве удобрений как в вегетационном, так и в полевом опытах.

4. Коэффициенты использования фосфора из двойного суперфосфата, аммофоса, фосмуки с 25%-ным уровнем разложения и ее смеси с катализированным фосфором были практически одинаковыми при их двухлетнем применении в полевом опыте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буткевич В. В. Хлор как фактор урожайности. — Химизация соц. землед., 1935, № 2, с. 14—27. — 2. Буткевич В. В., Иремнов А. А., Жданова Т. П. Изготовление хлорированного фосфата и его испытание в полевых опытах. — Химизация соц. землед., 1937, № 9, с. 76—86. — 3. Буткевич В. В. Эффективность продуктов неполного азотно-кислотного разложения фосфоритов. — Тр. ВИУА, 1960, вып. 34, сб. 2, с. 38—54. — 4. Постников Н. Н. Термическая фосфорная кислота, соли и удобрения на ее основе. — М., «Химия», 1976. — 5. Кулюкин А. Н., Петербургский А. В., Самсонова Н. Е., Годова Л. В. Активирование фосфоритной муки путем обработки ее фосфорными кислотами и смешивания с красным фосфором. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 5, с. 83—94. — 6. Сдобникова О. В. Повышение эффективности фосфорных удобрений. — Докл. на секции агрохим. и удобр. отдел. землед. и химизации ВАСХНИЛ. М., ВАСХНИЛ, 1978. — 7. Соколов А. В. Эффективность и усвояемость хлорированных фосфоритов. — Химич. пром-сть, 1950, № 6, с. 35—40. — 8. Dincu J. Agrochemia es. Talajtan, 1961, vol. 10, N 2, p. 285—292. — 9. McLean E. O., Logan T. J. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 1970, vol. 34, N 6, p. 907—911. — 10. McLean E. O., Wheeler R. W., Watson J. D. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 1965, vol. 29, N 5, p. 625—629. — 11. McLean E. O., Belam B. S. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., 1970, vol. 34, N 6, p. 907—911.

*Статья поступила 3 июля 1979 г.*

#### SUMMARY

Field and pot experiments have shown that phosphorite, partially decomposed by orthophosphoric acid, and its mixture with catalyzed red phosphorus affect the yield of farm crops not less than double superphosphate and ammophos. After treatment with orthophosphoric acid, phosphorite meal is easily pelleted and becomes a fertilizer which is quite suitable for application.

To obtain a concentrated fertilizer containing 50% and more of  $P_2O_5$ , partially decomposed phosphorite meal may be reinforced with catalyzed red phosphorus. Being oxidized in the soil up to  $H_3PO_4$ , the latter can hasten the decomposition of phosphorite.