

УДК 631.85:631.445.23(571.63)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЧАСТИЧНО РАЗЛОЖЕННОГО ФОСФОРИТА И ДРУГИХ ФОРМ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОПОДЗОЛЕННОЙ ЛУГОВО-БУРОЙ ПОЧВЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

А. Н. КУЛЮКИН, Л. М. ПАНКОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Изучению эффективности и превращения разных форм фосфорных удобрений в почвах агрохимии уделяют большое внимание. При этом за эталон принимается эффективность водорастворимых фосфорных удобрений. Имеются убедительные данные о быстрой фиксации водорастворимого фосфора в кислых почвах и о большей эффективности нерастворимых в воде фосфорных удобрений [25, 26, 29, 32, 33].

Ретроградация фосфора в карбонатных почвах засушливых районов иная, чем в кислых тропических [13]. В условиях Голландии [10] и Индии [12, 17] водорастворимые фосфорные удобрения наиболее пригодны для культур с коротким вегетационным периодом, а нерастворимые в воде фосфаты — для культур с длительным периодом вегетации.

В последние годы проводятся исследования комбинированных фосфорных удобрений, содержащих как водорастворимый, так и нерастворимый в воде фосфор. Их действие на урожай сельскохозяйственных культур изучалось на многих типах почв [22]. По данным Д. Асби и В. Фенстера [5], для почв со слабокислой и нейтральной реакцией доля водорастворимого фосфора в фосфатных туках не должна превышать 50 % общего. Дальнейшее повышение содержания водорастворимого фосфора не увеличивает урожай и накопление фосфора в растениях. Аналогичные результаты получены на различных почвах в США [34, 35] и на слабокислых и нейтральных почвах в Швейцарии [28]. Существует мнение [34], что 50 % общего фосфора в удобрении должно содержаться в водорастворимой форме, а остальная часть — в цитратнорастворимой. Работы американских исследователей [18—20] показали, что на кислых почвах с относительно высоким содержанием подвижных форм алюминия, и железа при внесении смеси суперфосфата с фосфоритом и частично разложённых фосфоритов урожай были такими же, как при использовании водорастворимых туков, а в отдельных случаях даже более высокими. Н. Панда, исходя из результатов полевых опытов [23], рекомендует применять на латеритных кислых почвах фосфатные туки, содержащие 10—20 % водорастворимого фосфора. Подобные данные получены и в полевых опытах, проводившихся в Бихаре и Западной Бенгалии (Индия) с пшеницей, кукурузой и рисом [11].

Ранее отмечалось [24], что комплексные удобрения должны содержать около 50 % водорастворимого фосфора от общего его содержания в удобрении. Причем было установлено, что на пастбищных лугах эффективность комплексных удобрений, содержащих 20—25 % водорастворимого фосфора (от общего P_2O_5 в удобрении), такая же, как и удобрений, содержащих весь фосфор в водорастворимой форме. Равноценность комплексных удобрений со 100, 50 и 35 % -ным содержанием водорастворимого фосфора (по урожаю и выносу P_2O_5) установлена в вегетационных опытах с картофелем на нейтральной почве (рН 6,5—7,5) и в полевых опытах на щелочных [30] и кислых почвах [21].

В полевых опытах на щелочных черноземах и на богатых кальцием аллювиальных почвах Югославии показана одинаковая эффективность водорастворимых и нерастворимых в воде фосфатных туков при их применении на лугах и пастбищах.

Вместе с тем имеются сведения о преимуществе фосфатных туков, содержащих весь фосфор в водорастворимой форме [14, 15, 17, 31]. По данным Г. Бейе [9], действие монокальцийфосфата на урожай риса было более значительным, чем комбинированных и цитратнорастворимых фосфорных удобрений. Отмечается также, что суперфосфат оказал более сильное положительное действие на урожай риса, чем комбинированные фосфорные удобрения, что связано с наличием в его составе серы.

Таким образом, определенные различия в результатах исследований эффективности комбинированных фосфорных удобрений не позволяют однозначно судить об этих фосфорных туках, к тому же данных по агрохимической оценке указанных удобрений в отечественной литературе мало. Имеются сведения [1] об относительно равноценном и в отдельных случаях даже лучшем действии на урожай сельскохозяйственных культур цитратнорастворимых удобрений, чем суперфосфата, при их длительном применении в севообороте на дерново-подзолистой почве. Сообщалось также о хорошем действии смеси суперфосфата с фосфоритной мукой [2].

Комбинированные фосфорные удобрения, содержащие водорастворимые и нерастворимые в воде фосфаты, представляют большой интерес для земледелия Нечерноземной зоны РСФСР. Производство таких удобрений может основываться на частичном разложении аморфных фосфоритов фосфорной кислотой. Для получения комбинированных фосфорных удобрений можно использовать и те фосфаты, которые непригодны для получения водорастворимых туков по традиционной технологии. Исследования кафедры агрономической и биологической химии Тимирязевской академии показали высокую эффективность продуктов частичного разложения фосфоритов на различных почвах [3, 4]. Частично разложенные фосфориты можно обогащать катализированным красным фосфором, доводя общее содержание P_2O_5 в удобрении до 50 и более процентов. Проведенные полевые испытания показали высокую эффективность гранулированных смесей частично разложенных фосфоритов с катализированным красным фосфором [3, 4].

Цель наших исследований изучить действие и последствие различных по растворимости фосфорных удобрений в вегетационных и полевых опытах с различными сельскохозяйственными культурами в условиях Приморского края.

Методика и материалы опытов

В опытах использована фосфоритная мука Лагапского месторождения. Фосфорит подвергался обработке фосфорной кислотой из расчета 100 и 150 г P_2O_5 на 1 кг фосфоритной муки. После поверхностной обработки фосфоритную муку хорошо перемешивали и подсушивали до воздушно-сухого состояния. Частично разложенный фосфорит обогащали катализированным красным фосфором, который добавляли в таких количествах, чтобы общее содержание кислоты было равно расходуемому при производстве двойного суперфосфата.

Проведено три вегетационных опыта, заложенных в 1975, 1976 и 1979 гг. Почву перед внесением удобрений и посевом

известковали по полной гидролитической кислотности и выдерживали во влажном состоянии в течение 15 дней. Повторность 4—6-кратная. В первых двух опытах в течение трех лет выращивали кукурузу Буковинский 3. Последствие удобрений изучали на горохо-овсяной смеси и кукурузе. В опыте 3 действие удобрений изучали на кукурузе. В сосуды типа Митчерлиха, вмещающие 5 кг абсолютно сухой почвы, высевали по 8 зерен кукурузы, а при посеве горохо-овсяной смеси — по 12 зерен гороха и овса. После массовых всходов проводили прореживание и оставляли по 2, 10 и 6 растений. N, P_2O_5 и K_2O вносили соответственно 1,2; 0,9 и 1,2 кг на сосуд. В полевых опытах перед

их закладкой участки произвестковали по полной гидrolитической кислотности. Площадь учетной делянки 100 м², повторность 4-кратная. Азот и калий вносили в виде аммиачной селитры и хлористого калия. Нормы азота, фосфора и калия — по 90 кг д. в. на 1 га. Удобрения вносили ранней весной под глубокую культивацию.

В полевом опыте 1, заложенном в 1976 г., в течение трех лет выращивали кукурузу Буковинский 3. В полевом опыте 2, заложенном в 1977 г., в течение двух лет выращивали сою Приморская 529 и кукурузу.

Общее содержание P₂O₅ в исходном фосфорите 18,2 %, в частично разломанном при использовании 100 и 150 г P₂O₅ в виде H₃PO₄ на 1 кг фосфоритной му-

ки — соответственно 21,3 и 26,8 %, в т. ч. водорастворимого — 3,5 и 6,8, лимоннорастворимого — 8,7 и 10,6, при обогащении частично разломанного фосфорита (15 г P₂O₅ в виде H₃PO₄ на 100 г) красным фосфором общее содержание P₂O₅ 39,5 %, в т. ч. водорастворимого — 5,8, лимоннорастворимого — 8,9 %.

Опыты проводили на лугово-бурой оподзоленной почве, имеющей следующие агрохимические показатели: гумус по Тюрину — 4,2 %; сумма поглощенных оснований — 15,5 мэкв на 100 г, Нг по Каппелу — 5,4 мэкв на 100 г, рН_{сол} — 4,6, K₂O по Масловой — 16,2 мг; P₂O₅ по Кирсанову — 0,49 мг на 100 г. После известкования Нг снизилась до 1,68, а уровень рН повысился до 6,02.

Результаты вегетационных опытов

В вегетационном опыте 1 изучалось действие и последствие запасного и ежегодного внесения порошковидной и гранулированной (1—3 мм) частично разломанной фосфоритной муки на урожай, вынос и коэффициент использования фосфора. Опыт включал следующие 11 вариантов: 1—NK (фон); 2—6—ежегодное внесение по 0,9 г P₂O₅ на сосуд в виде: 2—двойного суперфосфата, 3 и 4—фосфорита в порошке и гранулах, 5 и 6—частично разломанного фосфорита (расход 100 г P₂O₅ H₃PO₄) в порошке и гранулах; 7—11—внесение по фону в запас 2,7 г P₂O₅ на сосуд: 7—двойного суперфосфата, 8 и 9—фосфорита в порошке и гранулах, 10 и 11—частично разломанного фосфорита (расход 100 г P₂O₅ H₃PO₄) в порошке и гранулах.

Этот опыт показал, что обработка фосфоритной муки даже небольшими количествами ортофосфорной кислоты дает возможность получить фосфорное удобрение, не уступающее двойному суперфосфату по своему влиянию на урожай (табл. 1).

Если сравнивать урожай кукурузы при ежегодном и запасном внесении фосфора, то в последнем случае он был выше в 1-й год опыта, а в некоторых вариантах и во 2-й. Но на 3-й год его уровень оказался значительно более низким, чем при ежегодном внесении. Последствие запасного внесения всех фосфорных удобрений на третью и последующие культуры было более слабым, чем ежегодное их применение.

Фосфоритная мука по своему действию на урожай кукурузы и гороха с овсом во все годы опыта значительно уступала двойному суперфосфату, а также частично разломанному фосфориту. Гранулирование последнего существенно улучшало физические свойства фосфоритной муки.

В длительном вегетационном опыте (табл. 1) наибольший общий вынос фосфора с урожаем наблюдался при внесении частично разломанной фосфоритной муки и суперфосфата. Эти варианты мало различались по значениям коэффициентов использования фосфора, рассчитанным за 5 лет (6 культур). При запасном применении удобрений вынос P₂O₅ из удобрений за 5 лет был несколько ниже, чем при ежегодном.

Вегетационный опыт 2 проводился с целью определения действия и последствия одноразового внесения высокой нормы фосфора в виде разных форм фосфорсодержащих удобрений на урожай кукурузы, горохо-овсяной смеси и коэффициент использования фосфора. Опыт включал 10 вариантов и проводился по следующей схеме. Вариант 1—NK (фон); в остальных вариантах в течение трех лет ежегодно вносили по 0,9 г P₂O₅ на сосуд в виде: 2 и 3—фосфорита в порошке и гранулах;

Таблица 1

Урожай, вынос и коэффициент использования (K_{II}) фосфора растениями в вегетационном опыте 1 в 1975—1977 гг. (действие удобрений) и в 1978 и 1979 гг. (последствие)

Вариант	Сухая масса, г/сосуд							Общий вынос P_2O_5 с урожая, мг/сосуд	$K_{II} P_2O_5$ из удобрений за 5 лет
	кукурузы				гороха и овса	кукурузы	кукурузы		
	1975	1976	1977	за 3 года	1978		1979		
1	21,5	114,0	15,8	151,3	6,5	16,7	6,8	461,2	—
2	116,9	293,6	88,1	498,6	24,4	37,6	32,7	1912,5	53,7
3	22,7	117,6	16,9	157,2	6,9	17,4	15,4	550,4	3,3
4	18,4	125,4	20,9	164,7	7,1	19,2	12,5	555,9	3,5
5	119,2	273,8	67,6	460,6	18,7	39,5	30,3	1874,7	52,3
6	114,4	311,4	66,1	491,8	19,6	37,3	25,1	2035,0	58,3
7	141,6	286,4	51,4	479,4	13,4	32,0	31,0	1856,5	51,7
8	22,0	118,0	12,0	152,0	6,5	16,7	12,7	555,8	3,5
9	24,3	116,2	18,2	158,7	4,9	17,8	9,3	518,4	2,1
10	148,3	281,4	41,1	470,8	13,3	27,8	32,3	1686,4	45,4
11	136,3	256,0	39,7	432,0	13,7	35,4	29,8	1862,0	51,9
НСР ₀₅	29,8	70,2	20,0	—	0,56	3,2	5,0	—	—

4 — двойного суперфосфата; 5 — аммофоса; 6 — аммофоса + $Ca(NO_3)_2$; 7 и 8 — частично разложенного фосфорита в порошке (соответственно расход 100 и 150 г P_2O_5 H_3PO_4 на 1 кг фосфорита); 9 и 10 — частично разложенного фосфорита в гранулах (соответственно расход 100 и 150 г P_2O_5 H_3PO_4 на 1 кг фосфорита). В варианте 6 для его уравнивания с вариантом 4 по количеству вносимых кальция и азота дополнительно к аммофосу вносили $Ca(NO_3)_2$ и аммиачную селитру.

В данном опыте наибольший урожай кукурузы был получен в вариантах с аммофосом (табл. 2). Частично разложенная фосфоритная мука несколько уступала в первые три года по действию на урожай кукурузы двойному суперфосфату, но в 3 раза превосходила обычный фосфорит.

В 1-й год последствия урожай по двойному суперфосфату и частично разложенной фосфоритной муке были одинаковыми, во 2-й год — последняя оказывала более сильное положительное влияние на урожай.

Что касается значений коэффициентов использования фосфора за

Таблица 2

Урожай (сухая масса), вынос и коэффициент использования (K_{II}) фосфора растениями в вегетационном опыте 2

Вариант	Сухая масса, г/сосуд			Общий вынос P_2O_5 за 4 года, мг/сосуд	$K_{II} P_2O_5$ за 4 года, %
	действие удобрений за 3 года, кукуруза	последствие, 1979			
		горох + овес	кукуруза		
1	117,6	10,1	11,5	195,6	—
2	138,6	13,3	29,5	300,7	3,9
3	155,8	11,9	30,9	364,3	6,2
4	524,7	22,7	36,5	1422,7	45,4
5	578,0	31,8	67,4	1688,8	55,3
6	538,3	32,2	55,6	1585,7	51,5
7	405,5	19,8	44,0	1081,0	32,8
8	455,8	21,2	44,1	1571,5	51,0
9	457,2	22,0	44,5	1374,8	43,7
10	439,4	21,6	47,8	1351,1	42,8
НСР ₀₅	—	2,9	8,2	—	—

Урожай кукурузы, вынос и коэффициент использования (K_{II}) фосфора в вегетационном опыте 3

Вариант	Сухая масса кукурузы, г/сосуд			Общий вынос P_2O_5 с урожаем, мг/сосуд	$K_{II} P_2O_5$ за 2 года
	1978	1979	за 2 года		
1	6,5	14,2	20,7	21,0	—
2	13,6	25,2	38,8	60,0	1,22
3	147,9	117,3	265,2	674,0	20,4
4	24,0	68,4	92,4	202,0	5,7
5	156,0	99,6	255,6	675,0	20,4
6	14,4	42,2	56,6	94,0	2,3
7	138,0	75,7	213,7	505,0	15,1
НСР ₀₅	17,7	7,7			

4 года опыта, то они в вариантах с гранулированной частично разложенной фосфоритной мукой и двойным суперфосфатом были близкими. Это позволяет предположить, что данные удобрения будут эффективны и в полевых условиях.

В вегетационном опыте 3 в течение двух лет изучалось действие добавления к обычному и частично разложенному фосфориту катализированного красного фосфора на урожай кукурузы, вынос и коэффициент использования фосфора. В нем было 7 вариантов: 1 — НК (фон); 2 — внесение по фону ежегодно 1,6 г P_2O_5 на сосуд в виде: 2 — фосфорита, 3 — двойного суперфосфата, 4 — красного фосфора (катализированного), 5 — частично разложенного фосфорита, 6 — смеси фосфорита с катализированным красным фосфором (на 100 г фосфорита 48 г P_2O_5 в виде красного фосфора), 7 — смеси частично разложенного фосфорита с катализированным красным фосфором (на 100 г фосфорита расходовали 15 г P_2O_5 в виде H_3PO_4 и 33 г P_2O_5 в виде красного фосфора).

Полученные в опыте результаты (табл. 3) также свидетельствуют о высокой эффективности продукта частичного разложения фосфорита. В 1-й год опыта урожай в этом варианте составил 156 г/сосуд, а по суперфосфату — 148 г. На 2-й год двойной суперфосфат несколько превосходил по своему действию частично разложенный фосфорит, но за 2 года в этих вариантах были получены примерно одинаковые урожаи кукурузы.

Добавление красного фосфора к обычной фосфоритной муке (вариант 6) вызывало достоверное повышение урожая лишь на 2-й год опыта, что объясняется относительно медленным его окислением. Смешивание красного фосфора с частично разложенной фосфоритной мукой дало продукт, обладающий высоким положительным действием на урожай кукурузы.

Результаты полевых опытов

Продукты частичного разложения фосфорита испытывались в двух полевых опытах. Полевой опыт 1 проводился в течение трех лет. В первые два года (1977 и 1978) в опыте ежегодно вносили по 90 кг P_2O_5 на 1 га. На 3-й год (1979) изучали последствия ранее внесенных удобрений на урожай кукурузы.

Полевой опыт 2 продолжался 2 года (1978 и 1979). Здесь также на фоне НК вносили по 90 кг P_2O_5 на 1 га ежегодно. В 1-й год опытной культурой была соя, а во 2-й — кукуруза (на силос).

Опыты включали 5 вариантов и проводились по следующей схеме: 1 — 90N90K (фон); 2 — суперфосфат двойной; 3 — фосфоритная мука;

Урожай зерна сои и зеленой массы кукурузы (ц/га) в полевых опытах

Вариант	Опыт 1, кукуруза				Опыт 2					
	урожай, ц/га			вынос P_2O_5 за 3 года, кг/га	К _и P_2O_5 из удобрений, %	соя	кукуруза	вынос P_2O_5 за 2 года, кг/га	К _и P_2O_5 из удобрений за 2 года, %	
	1977	1978	1979							
1	271,3	266,2	69,5	28,7	—	19,0	86,9	9,53	—	
2	300,3	346,6	131,2	47,6	10,5	23,9	159,3	20,6	6,2	
3	277,2	285,0	71,8	31,0	1,3	20,0	95,0	13,6	2,2	
4	292,2	332,7	121,2	40,6	6,6	23,7	159,6	23,5	7,7	
5	302,3	347,5	123,5	43,2	8,0	23,0	150,3	22,1	7,0	
НСР ₀₅	24,8	18,9	20,0	—	—	1,5	33,5	—	—	

4 и 5 — частично разложенный фосфорит соответственно расход 100 и 150 г P_2O_5 H_3PO_4 .

Данные полевых опытов (табл. 4) вполне согласуются с результатами вегетационных. Частично разложенная фосфоритная мука по своему действию на урожай кукурузы и сои не уступала двойному суперфосфату и даже несколько превосходила его. В опыте 1 внесение фосфоритной муки (вариант 3) как в прямом действии, так и в последствии не привело к достоверному повышению урожая кукурузы.

Различия в урожаях зеленой массы кукурузы между вариантами с суперфосфатом (вариант 2) и частично разложенным фосфоритом (варианты 4 и 5) были статистически недостоверны во все три года проведения опыта.

В опыте 2 урожай зерна сои и зеленой массы кукурузы по суперфосфату (вариант 2) были соответственно на 4,9 и 72,4 ц/га выше, чем в контроле, а по частично разложенной фосфоритной муке (варианты 4 и 5) — соответственно на 4,7; 72,7 и 4,0; 63,4 ц/га.

Фосфоритная мука на известкованной почве, как и следовало ожидать, по сравнению с другими удобрениями слабее влияла на урожай сои и кукурузы.

Вынос и коэффициент использования фосфора из удобрений были близкими за 2 года при использовании в опыте 2 двойного суперфосфата и частично разложенного фосфорита. В опыте 1 коэффициенты использования P_2O_5 были несколько ниже по частично разложенной фосфоритной муке, чем по двойному суперфосфату.

Таким образом, на известкованных почвах эффективность обычной фосфоритной муки очень низкая, в то время как фосфорит, обработанный небольшими количествами фосфорной кислоты, не уступал двойному суперфосфату по действию на урожай кукурузы и сои.

О превращении фосфорных удобрений в почве

Определение группового состава фосфорных соединений в почве контрольного варианта показало, что большая часть валового фосфора приходится на остаточные и органические фосфаты (табл. 5). Минеральные формы фосфатов (26 % валового) представлены в основном фосфатами полуторных окислов. Это является одной из причин малой подвижности фосфатов в почвах Приморского края, хотя содержание валового фосфора в них довольно высокое. В процессе взаимодействия фосфорных удобрений с почвой заметно изменилось содержание всех форм фосфатов, причем накопление тех или иных форм зависело от вида и нормы вносимого фосфорного удобрения. Так, после трехлетнего внесения двойного суперфосфата фосфор этого удобрения превращал-

Фракционный состав фосфатов почвы после трехлетнего применения удобрений
(мг P₂O₅ на 100 г почвы) в вегетационном опыте 1

Вариант	Фосфаты Al и Fe	Фосфаты Са	Остаточный фосфор	Общий фосфор	Вариант	Фосфаты Al и Fe	Фосфаты Са	Остаточный фосфор	Общий фосфор
1	29,5	12,4	77,1	159	6	38,5	40,8	75,2	199
2	51,6	15,4	82,1	183	7	41,5	15,6	67,4	163
3	37,5	30,8	98,7	203	8	35,1	24,4	67,6	167
4	33,5	26,2	95,3	194	9	35,0	23,6	70,9	169
5	38,5	37,8	82,2	203	10	35,7	29,8	55,2	175
					11	35,7	30,8	60,2	171

ся в почве в основном в фосфаты железа и алюминия, а в вариантах с обычным и частично разложённым фосфоритом заметно возрастало содержание фосфатов кальция (табл. 5). Какой-либо закономерности в изменении содержания органического фосфора по вариантам опыта не отмечалось. При ежегодном внесении фосфорных удобрений содержание Са-фосфатов возрастало в большей степени, чем при запасном.

Выводы

1. На слабокислой лугово-бурой почве в условиях полевых и вегетационных опытов продукты частичного разложения фосфатов и двойной суперфосфат оказывали практически одинаковое действие и последствие на урожай кукурузы, сои и других культур.

2. Значения коэффициента использования фосфора из двойного суперфосфата, аммофоса, частично разложённой фосфоритной муки и ее смеси с катализированным фосфором были близкими как в вегетационных, так и в полевых опытах. То же можно сказать и о выносе фосфора.

3. Обогащение частично разложённого фосфорита катализированным красным фосфором позволяет получить концентрированное удобрение, которое по своей эффективности приближается к двойному суперфосфату.

4. Характер превращения частично разложённого фосфорита и двойного суперфосфата в лугово-бурой почве Приморского края неодинаковый. Последний в основном превращается в фосфаты алюминия и железа, а частично разложённый фосфорит — в фосфаты Са.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглая Ю. М., Большакова Л. Ю., Рябизина Т. Е. Сравнительная эффективность форм фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве. — *Агрохимия*, 1976, № 2, с. 33—39. — 2. Гладкова К. Ф., Корицкая Т. Д., Абрамова Е. М. Влияние грануляции фосфоритной муки на ее эффективность. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1972, № 8, с. 20—25. — 3. Кулюкин А. Н., Самсонов А. Н. Повышение эффективности фосфоритной муки обработкой ее ортофосфорной кислотой и смешиванием с катализированным элементарным красным фосфором. — *Агрохимия*, 1979, № 4, с. 37—45. — 4. Смирнов П. М., Кулюкин А. Н., Чернышов А. П. Сравнительное изучение двойного суперфосфата, аммофоса и смесей продуктов частичного разложения аморфных фосфоритов с красным фосфором в полевых и вегетационных опытах. — *Изв. ТСХА*, 1980, вып. 1, с. 56—62. — 5. Ashby D. L., Fenster W. E. — *Agron. J.*, 1966, vol. 58, p. 621—625. — 6. Atanasiu N. — *Malaysian Soil Sci. Conf. in Kuala Lumpur: The Fertility a. Chemistry of Tropical Soil*, 1973. — 7. Atanasiu N. — *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 1971, vol. 19, N 2, p. 119—127. — 8. Atanasiu N. e. a. — *Zeitschrift für Acker- u. Pflanzenbau*, 1978, Bd. 146, S. 284—302. — 9. Beye G. — *Casamance Agron. Trop. France*, 1973, vol. 28, N 10, p. 935—945. — 10. Burg P. F. — *Fertilizer Soc. Proc.*, 1963, vol. 75, p. 5—54. — 11. Dhua S. P. — *Proc Symp. on Fertility Evaluation*, 1971, vol. 1, p. 717—723. — 12. Gautham O. P. e. a. — *Fertilizer news F. A. J.*, New Delhi, 1967, vol. 12, N 3, p. 1—6. — 13. Jung I. — *Proc. F. A. I. Symp., on use of NPK-complex fertilizers based on nit-*

- rophosphate process. New Delhi, 1973. — 14. Kloke E. — Landw. Forsch., 1959, N 12, S. 21—29. — 15. Kundler P. e. a. — A. Thaer-Arch., 1973, vol 14, N 71, p. 649—653. — 16. Leskosek M. — Agr. Digest, 1972, N 25, S. 28—36. — 17. Mahapatra I. C. — Proc. F.A.I. Symp., on use of NPK-complex fertilizers based on nitrophosphate process. New Delhi, 1973, 1—2/1—19. — 18. McLean E. O. — Soil Sci., 1956, vol. 82, p. 181—192. — 19. McLean E. O., Wheeler R. W. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 1964, vol. 28, p. 545—550. — 20. McLean E. A. e. a. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 1965, vol 29, p. 635—628. — 21. Müller S. e. a. — Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk., 1974, Bd 18, N 10, S. 721—735. — 22. Ortlepp H., Wagner E. — Die teil-aufgeschlossenen phosphatdünger. Landw. Versuchsstation Annen—Hof, Hamburg Sasel, 1968. — 23. Panda N. — Proc. R. A. J. Symp., on use of NPK-complex fertilizers based on nitrophosphate process. New Delhi, 1973, 1—3/1. — 24. Pfaff C., Buchner A. — Landw. Forsch., 1960, N 13, S. 186—191. — 25. Samuels G., Gandia Disz. — J. Agric. Univ. p. Rico, 1964, vol. 47, p. 242—245. — 26. Sherman G. D. — Agr. Digest., 1969, vol. 18, p. 11—19. — 27. Schmel W. R. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 1953, vol. 17, p. 375—378. — 28. Stale J., Bovay E. — Landw. Forsch. Schweiz., 1965, N 4, S. 36—43. — 29. Thiagalingam K., Atanasiu N. — Proc. Soil Sci. Soc. Malaysia. Symp. on Soil classification and Soil management. Kota Kinabary, 1974. — 30. Thimm H. e. a. — Z. Landwirtschaft, 1970, Bd 11, N 6, S. 479—490. — 31. Terman G. e. a. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 1964, vol. 28, p. 104—107. — 32. Vageler P. — Agr. Digest., 1964, N 2, p. 15—18. — 33. Warner W. — Tropfenlandw., 1969, N 70, S. 57—61. — 34. Webb I. R., Pesek J. T. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 1959, vol. 23, p. 381—384. — 35. Webb I. R., Pesek J. T. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 1958, vol. 22, p. 381—384.

Статья поступила 18 ноября 1982 г.