

УДК 631.85

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕДЛЕННОДЕЙСТВУЮЩИХ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА СРЕДНЕСУГЛИНИСТОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

А. Н. КУЛЮКИН, И. П. ДЕРЮГИН, Х. А. АМЕРГУЖИН,
А. П. ЧЕРНЫШОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В вегетационных и полевом опытах изучалось действие разных по растворимости и свойствам простых и сложных фосфорсодержащих удобрений (двойной суперфосфат, плавленое фосфорно-магниевое удобрение, суперфос, ЧРФ, РК- и РКМg-удобрения) на урожай зеленой массы кукурузы, выращиваемой на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, вынос и коэффициент использования P_2O_5 , а также фракционный состав фосфатов. Новые формы фосфорсодержащих удобрений оказывали примерно одинаковое действие на урожайность кукурузы при внесении их в виде порошка и в виде крупки размером 0,25—0,5 мм (ПФМУ), $\leq 1,0$ (РКМg) и $\geq 0,25$ мм (РК).

Производство фосфорных удобрений в нашей стране в последнее десятилетие развивалось более быстрыми темпами, чем калийных и азотных. Однако применяемые в настоящее время дозы P_2O_5 не позволяют устранить дефицит фосфора в почвах. На долю почв с недостаточным для получения средних урожаев сельскохозяйственных культур содержанием подвижного фосфора (менее 10 мг на 100 г) приходится более 72 % обследованной площади [1, 18].

Во многих районах страны недостаток фосфора лимитирует развитие земледелия, так как только на фоне этого элемента

сельскохозяйственные культуры в полной мере используют азотные и калийные удобрения, что позволяет формировать стабильно высокие и полноценные урожаи. Но обеспечить растения фосфором значительно труднее, чем азотом и калием: запасы его крайне малы, лучшие месторождения фосфатного сырья уже начали истощаться [7, 10, 16].

Производство минеральных удобрений испытывает постоянную потребность в фосфатном сырье. Между тем огромное количество фосфатных руд, а также отходов горнообогатительных производств из-за низ-

кого содержания P_2O_5 и трудности их обогащения не подлежат химической переработке для получения фосфорных удобрений. Растущий дефицит последних вызван ограниченностью запасов легкообогащаемых руд, снижением их качества, ухудшением условий разработки, отсутствием эффективной технологии обогащения бедных и труднорастворимых руд. Кроме того, недостаток серы обуславливает необходимость в разработке и скорейшей реализации методов получения фосфорсодержащих удобрений без использования серной кислоты или хотя бы в уменьшении ее расхода [8, 11, 17].

Одним из методов, позволяющих снизить требования к качеству фосфатного сырья и отказать от использования серной кислоты, является переработка фосфорных руд и отходов горнообогатительных производств на плавленные фосфорно-магниевого удобрения, что выгодно с экологической точки зрения, поскольку в этом случае не требуется кислот, необходимых для производства других видов фосфорных удобрений, отсутствуют нежелательные отходы, используемая вода безвредна для окружающей среды. Поскольку в ряде крупнейших отечественных месторождений фосфатов (Ковдорское, Каратау и др.) в значительных количествах присутствуют магнийсодержащие минералы, внимание технологов привлекает возможность получения на их основе плавленных фосфорно-магневых удобрений. Практический интерес представляет также исполь-

зование отходов, остающихся в результате обогащения апатито-магнетитовых руд Ковдорского месторождения, которые содержат в среднем 12,3 % P_2O_5 и 20 % MgO [3, 4, 14].

В настоящее время большое внимание уделяется использованию для производства фосфорных удобрений низкопроцентного фосфатного сырья при сравнительно небольших затратах серной и фосфорной кислот. Представляют интерес фосфорные удобрения, полученные при неполном разложении фосфоритов, или суперфосфы. На их производство (в расчете на 1 т P_2O_5) расходуется на 25—30 % меньше экстракционной фосфорной кислоты, чем на производство двойного суперфосфата. Доказано, что нецелесообразно переводить весь фосфор фосфатного сырья в водорастворимую форму. Эффективно производство фосфорных удобрений и при снижении расхода (на 50—70 %) фосфорной кислоты для разложения аморфных фосфоритов [2, 6, 9, 12, 15].

Крупной минерально-сырьевой базой для производства бесхлорных калийных удобрений могут явиться ультракалийные алюмосиликатные породы — сынныриты Сыннырского и Сакунского щелочных массивов, содержащие 17—20 % окиси калия и 20—23 % глинозема [13]. Предложена технологическая схема комплексной переработки сынныритов путем спекания их с известняком, выщелачивания спеков и переработки полученных растворов и шламов на глинозем, поташ (K_2CO_3) и цемент [19]. Совершенствуется тради-

ционная технология спекания и разработан модифицированный вариант, благодаря которому путем введения апатитового концентрата в процесс спекания можно получать бесхлорные фосфорно-калийные удобрения, содержащие кроме P, K, Ca и Mg [5].

Нами изучалось действие разных по растворимости простых и сложных фосфорсодержащих удобрений (двойной суперфосфат, плавленое фосфорно-магниевое удобрение, суперфос, ЧРФ с более низким уровнем разложения, чем суперфос, РК- и РКМg-удобрения) на урожай зеленой массы кукурузы, вынос и коэффициент использования P_2O_5 .

Методика

В вегетационных и полевом

опытах испытывались РК- и РКМg-удобрения, полученные на основе спекания сыннырита с апатитом, суперфос (сырьем для его получения служил Чилисайский фосфорит), ЧРФ двух уровней разложения (20 и 25 г P_2O_5 H_3PO_4 на 100 г фосфоритной муки из Кингисеппского месторождения), а также плавленое фосфорно-магниевое удобрение (ПФМУ) из Ковдорского апатита. Данные об их химическом составе приведены в табл. 1.

Удобрения весьма заметно различались по содержанию водорастворимого фосфора, в ПФМУ, РК- и РКМg-удобрениях он практически отсутствовал (табл. 1).

Почва в вегетационных и полевом опытах дерново-подзолистая среднесуглинистая, ее агрохимическая характеристика

Таблица 1

Химический состав удобрений (содержание в %)

Удобрение	P_2O_5				MgO	K_2O
	общий	водорастворимый	лимоннорастворимый	доступный*		
ЧРФ (20 % H_3PO_4)	40,0	19,6	3,2	22,8	—	—
ЧРФ (25 % H_3PO_4)	42,0	20,3	4,2	24,5	—	—
ПФМУ	19,0	0,06	15,7	15,76	17,0	—
РКМg	25,0	0,46	17,5	17,96	9,0	22,4
РК	21,3	0,16	19,5	19,66	—	20,5
Суперфос	41,5	24,8	2,7	27,5	—	—
Р. с. д.	42,5	39,0	1,7	40,7	—	—

* Сумма лимонно-растворимого и водорастворимого P_2O_5 .

Таблица 2

Агрохимическая характеристика почв

Опыт	pH _{сол}	N_r	S	P_2O_5	K_2O	Гумус, %
		мг·экв/100 г		мг/100 г		
Полевой	5,6	2,8	4,8	8,7	16,5	2,3
Вегетационный:						
№ 1	4,3	6,6	4,6	3,7	12,5	1,9
№ 2 и 3	4,2	4,9	3,8	3,0	7,5	1,9

представлена в табл. 2. В вегетационных опытах использовалась менее кислая почва с более высоким содержанием гумуса и подвижных форм фосфора и калия.

В вегетационном опыте № 1, заложенном в 1987 г., изучалось влияние РК-удобрения, ПФМУ и ЧРФ на урожайность кукурузы. Ежегодно вносили 0,9 г P_2O_5 на сосуд, 1,2 г N и 1,6 г K_2O в виде соответственно аммиачной селитры и хлорида калия. Предварительно почву известковали по $3/4 N_p$. Схема опыта: 1 — НК (фон); затем по фону: 2 — $1/2$ дозы $P_{с.д.}$; 3 — полная доза $P_{с.д.}$; 4 — РК (порошок); 5 — РК (крупка $\geq 0,25$ мм); 6 — $P_{ф.м.}$; 7 — $P_{ЧРФ}$ (20 г P_2O_5 H_3PO_4 на 100 г ф. м.); 8 — $P_{ЧРФ}$ (25 г P_2O_5 H_3PO_4 на 100 г ф. м.); 9 — ПФМУ. В вариантах 4 и 5 недостающее количество K_2O восполняли внесением KCl.

В вегетационных опытах № 2 и 3, которые различались уровнем известкования (по $1/2$ и $3/4 N_p$), изучали действие РК- и РКMg-удобрения, ПФМУ, суперфоса и двойного суперфосфата на урожайность кукурузы. Схема опыта: 1 — НКMg — фон; затем по фону: 2 — $P_{с.д.}$ без Mg; 3 — $P_{с.д.}$; 4 — $P_{суперфос}$ без Mg; 5 — $P_{суперфос}$; 6 — ПФМУ (фракция $< 0,25$ мм); 7 — ПФМУ (фракция 0,25—0,5 мм); 8 — ПФМУ (фракция $> 0,5$ мм); 9 — ПФМУ (смесь); 10 — РКMg (порошок); 11 — РКMg (гранулы $\leq 1,0$ мм); 12 — РКMg (гранулы 2—3 мм); 13 — РК без Mg; 14 — РК. В вариантах 6—11, в которых ощу-

щались недостаток MgO, вносили сульфат магния. Дозы удобрений (г на сосуд): N: P_2O_5 : K_2O в соотношении 1,2:0,9:1,6. Азот использовали в виде аммиачной селитры, калий — в виде сернокислого калия.

В вегетационных опытах выращивали кукурузу (гибрид Коллективная 101). В сосуды типа Митчерлиха, вмещавшие по 5,0 кг абсолютно сухой почвы, высевали по 6 зерен кукурузы. После появления массовых всходов проводили прореживание и оставляли по 2 растения в одном сосуде. Повторность опытов 4-кратная.

Полевой опыт проводили в совхозе «Правда» Талдомского района Московской области. Площадь учетной делянки 126 м², повторность опыта 4-кратная. Азот и калий вносили в виде соответственно аммиачной селитры и сернокислого калия. Нормы удобрений (кг д. в. на 1 га): N, P_2O_5 и K_2O в соотношении 140:90:90. Удобрения вносили весной под перепахку.

Схема опыта: 1 — НКMg — фон; затем по фону: 2 — ПФМУ; 3 — РКMg; 4 — $P_{суперфос}$; 5 — $P_{с.д.}$; 6 — РК; 7 — РК без Mg; 8 — $P_{с.д.}$ без Mg; 9 — $P_{суперфос}$ без Mg.

Математическую обработку данных об урожае проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты

В вегетационном опыте № 1 самым эффективным удобрением в 1-й год действия был двойной суперфосфат (табл. 3). Не уступали ему по влиянию на урожай РК-удобрение (в виде

Урожайность кукурузы, вынос и коэффициент использования P_2O_5 за 2 года в вегетационном опыте № 1

Вариант опыта	Масса воздушно-сухого вещества, г/сосуд		Средний урожай за 2 года, %*	Вынос P_2O_5 за 2 года, мг/сосуд	Коэффициент использования P_2O_5 из удобрений, %
	1987 г.	1988 г.			
1	3,3	6,5	—	24,5	—
2	36,1	55,2	—	220,8	10,9
3	51,8	70,7	100	312,2	16,0
4	45,5	75,5	98,7	309,8	15,9
5	49,8	82,1	107,6	332,0	17,1
6	12,2	61,4	60,1	161,2	7,6
7	39,6	70,8	90,1	285,6	14,5
8	48,2	78,4	103,3	322,3	16,5
9	44,8	77,5	99,8	323,1	16,6
НСР ₀₅	3,4	5,5			

* За 100 % принят урожай в варианте 3.

крупки с размером частиц $\geq 0,25$ мм), ПФМУ и ЧРФ с 25 % уровнем разложения. Следует обратить внимание, что порошковидное слаборастворимое РК-удобрение действовало слабее на урожай, нежели такое же удобрение в виде крупки.

Полученные результаты (табл. 3) также свидетельствуют о высокой эффективности фосфорного удобрения — ЧРФ, полученного на основе частичного разложения аморфного фосфорита фосфорной кислотой при уменьшении расхода H_3PO_4 на 75 % по сравнению с таковым на получение двойного суперфосфата.

ПФМУ, РК- и РКМg-удобрения, а также ЧРФ (с 25 % уровнем разложения) при повтором внесении (0,9 г P_2O_5 на сосуд) превосходили по своему действию на урожай зеленой массы кукурузы двойной суперфосфат. По-видимому, в дерново-подзолистой почве, в которую ежегодно вносят физиологически кислые удобрения (NH_4NO_3

и KCl), при использовании фосфорсодержащих удобрений со щелочной (РК, РКМg и ПФМУ) и нейтральной (ЧРФ) реакцией создаются благоприятные условия для роста, развития и фосфорного питания кукурузы.

Если сравнить урожай зеленой массы кукурузы за 2 года в вариантах с двойным суперфосфатом, РК, ЧРФ и ПФМУ, то можно заключить, что все эти удобрения оказывали независимо от содержания в них водорастворимого фосфора примерно одинаковое действие на урожай.

Коэффициенты использования фосфора из удобрений за 2 года в вариантах с двойным суперфосфатом, РК, ЧРФ и ПФМУ практически не различались.

В табл. 4 приведены результаты вегетационного опыта № 2, цель которого выяснить характер действия удобрений с щелочной реакцией на урожай в условиях недостаточного известкования кислой дерново-подзолистой

почвы. В опыте почву известковали по 1/2 Н₂РК, РКМg и ПФМУ, имевшие щелочную реакцию, по своему действию на урожайность кукурузы превосходили двойной суперфосфат (варианты 2, 4, 6, 7, 9, 10 и 13). РКМg и ПФМУ эффективны и при внесении в виде крупки размером соответственно до 1 и 0,5 мм. Дальнейшее увеличение размеров крупки вызывало достоверное снижение урожая зеленой массы кукурузы (варианты 8, 11, 12), что объясняется значительным уменьшением скорости перехода фосфора из ПФМУ и РКМg с размером частиц соответственно >0,5 и >1,0 мм. Анализ полученных результатов показал, что магний положительно действовал на урожай только при его добавлении к двойному суперфосфату (вариант 3). Внесение

магния с суперфосом (вариант 5) и с РК-удобрением (вариант 14) не оказал какого-либо влияния на урожай. Наличие небольшого количества этого элемента в составе суперфоса и РК-удобрения, по-видимому, было достаточным для получения наибольшего урожая зеленой массы кукурузы.

Урожайность кукурузы, вынос и коэффициент использования Р₂O₅ при внесении двойного суперфосфата и магния, ПФМУ, РКМg, РК (варианты 3, 6, 7, 9, 10, 12, 14) практически не различались. Коэффициенты использования фосфора в вариантах с суперфосом были несколько ниже, чем в вариантах с РК, РКМg (порошок), ПФМУ (0,25—0,5 мм) и внесении суперфосфата и магния (вариант 3).

В вегетационном опыте № 3

Таблица 4

Урожайность кукурузы, вынос и коэффициент использования Р₂O₅ в вегетационных опытах № 2 и 3 (1988 г.)

Вариант опыта	Сырая масса	Масса воздушно-сухого вещества	Вынос Р ₂ O ₅ из удобрений, мг/сосуд	Коэффициент использования Р ₂ O ₅ из удобрений, %	Сырая масса	Масса воздушно-сухого вещества	Вынос Р ₂ O ₅ из удобрений, мг/сосуд	Коэффициент использования Р ₂ O ₅ из удобрений, %
	г/сосуд				г/сосуд			
	Опыт № 2				Опыт № 3			
1	289,6	48,0	102,6	—	318,3	51,3	105,2	—
2	408,8	74,1	148,1	5,1	422,3	81,8	154,0	5,4
3	441,3	84,6	184,4	9,1	436,3	85,2	168,9	7,1
4	423,3	81,4	162,8	6,7	430,8	79,9	165,0	6,6
5	420,5	78,2	159,1	6,3	439,0	81,4	168,2	7,0
6	452,3	86,1	191,8	9,9	442,6	84,1	170,5	7,3
7	438,5	80,3	173,9	7,9	432,0	80,1	174,1	7,7
8	374,8	65,2	127,7	2,8	409,8	76,3	162,9	6,4
9	440,6	81,8	189,0	9,6	421,8	77,8	163,4	6,5
10	448,1	85,4	199,6	10,8	436,1	82,8	162,4	6,4
11	400,1	77,3	163,7	6,8	409,5	77,0	144,2	4,3
12	337,6	59,0	131,2	3,2	341,0	64,4	129,5	2,7
13	446,8	86,1	186,8	9,4	433,3	84,0	162,8	6,4
14	445,3	88,1	191,6	9,9	447,1	86,1	169,8	8,2
НСР ₀₅	25,2	4,8			22,5	4,4		

(табл. 4) при более сильном известковании кислой дерново-подзолистой почвы (по 3/4 Н_r) ПФМУ, РКМg и РК оказывали по сравнению с двойным суперфосфатом примерно одинаковое действие на урожайность кукурузы. Эффективность этих слаборастворимых удобрений снижалась, как и в вегетационном опыте № 2, при увеличении размеров их частиц (ПФМУ > 0,5 мм; РКМg > 1,0 мм). Добавление магния к двойному суперфосфату при более высокой дозе известки не вызывало достоверного увеличения урожая. Повидимому, при недостаточном известковании (вегетационный опыт № 2) в результате дополнительного внесения магния улучшается фосфорное питание и устраняется отрицательное воздействие на кукурузу ионов водорода.

При испытании в полевых условиях слаборастворимые фосфорсодержащие удобрения (ПФМУ, РК, РКМg и суперфос), вносимые в дерново-подзолистую почву с невысокой кислотностью, средним и повышенным содержанием подвижных форм фосфора и калия, мало различались между собой по

действию на урожайность кукурузы, выносу и коэффициентам использования P₂O₅ из удобрений (табл. 5). Наибольший практический интерес для земледелия Нечерноземной зоны РСФСР представляют новые бесхлорные сложные удобрения — РК и РКМg.

Как показал анализ почвы после 2 лет внесения разных фосфорсодержащих удобрений (вегетационный опыт № 1), в процессе их взаимодействия с почвой изменилось содержание тех или иных форм фосфатов, что зависело от свойств и состава вносимого удобрения (табл. 6). Так, фосфор двойного суперфосфата, РК-удобрения порошкового, РК-удобрения гранулированного, ЧРФ с 20 и 25 % уровнем разложения и ПФМУ переходит в дерново-подзолистой почве в основном в фосфаты алюминия и железа. При внесении фосфоритной муки большая часть ее остается в неизменной форме, о чем можно судить по высокому содержанию Са-фосфатов (вариант 6). Полученные данные свидетельствуют о том, что ПФМУ и РК-удобрения довольно быстро отдают фосфор в почвенный

Таблица 5
Урожайность кукурузы, вынос и коэффициент использования P₂O₅ в полевом опыте (1988 г.)

Вариант опыта	Урожай зеленой массы кукурузы, ц/га	Вынос P ₂ O ₅ , кг/га	Коэффициент использования P ₂ O ₅ , %	Вариант опыта	Урожай зеленой массы кукурузы, ц/га	Вынос P ₂ O ₅ , кг/га	Коэффициент использования P ₂ O ₅ , %
1	389,3	24,9	—	6	594,5	41,0	17,9
2	595,6	42,3	19,3	7	607,7	41,3	18,2
3	586,8	40,7	17,6	8	609,1	39,6	16,3
4	584,3	41,2	18,1	9	587,2	41,0	17,9
5	627,2	42,0	19,0	НСП ₀₅		28,5	

Фракционный состав фосфатов в почве вегетационного опыта № 1 после 2 лет внесения удобрений (мг/100 г)

Вариант опыта	Al—Fe—P	Ca—P	Содержание P ₂ O ₅		Вариант опыта	Al—Fe—P	Ca—P	Содержание P ₂ O ₅	
			органического	остаточного				органического	остаточного
1	32,0	10,4	11,2	21,4	6	41,6	33,4	9,6	25,4
2	41,6	12,8	9,6	21,0	7	41,6	22,4	9,6	31,4
3	38,4	12,0	12,8	31,8	8	44,8	16,8	6,4	27,0
4	51,2	12,0	9,6	32,2	9	51,2	14,4	9,6	14,0
5	51,2	12,0	9,6	22,2					

раствор, из которого фосфаты, с одной стороны, используются растениями, а с другой — участвуют в образовании новых соединений фосфатов алюминия и железа.

Содержание органических фосфатов под влиянием удобрений возросло слабо. Следует отметить, что во всех вариантах опыта органических фосфатов было меньше, чем минеральных.

Выводы

1. Выравненные по содержанию питательных веществ смеси удобрений (NKМg + P_{с.д.}; NKМg + P_{суперфос.}; NK + ПФМУ; N + РКМg; NMg + РК) оказывали практически одинаковое действие на урожайность кукурузы, вынос и коэффициент использования P₂O₅ как в полевом, так и в вегетационных опытах. Преимущество удобрений со щелочной реакцией (РК и РКМg и ПФМУ) по сравнению с двойным суперфосфатом проявилось только при недостаточном известковании кислой дерново-подзолистой почвы.

2. Новые формы фосфорсодержащих удобрений (РКМg, РК и ПФМУ) как в виде порошка, так и в виде крупки раз-

мером 0,25—0,5 мм (ПФМУ), ≤ 1,0 (РКМg) и ≥ 0,25 мм (РК), по своему действию на урожай зеленой массы кукурузы практически не различались.

3. Фосфор слабо растворимых фосфорсодержащих удобрений со щелочной реакцией (РК, РКМg и ПФМУ) также быстро переходит в почвенный раствор (дерново-подзолистой почвы) и участвует в образовании фосфатов алюминия и железа, как и двойной суперфосфат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А. Г. Потребность земледелия РСФСР в фосфатах. — Химия в сельск. хоз-ве, 1986, № 2, с. 22—23.
2. Безуглая Ю. М., Кожемячко З. В., Рябизина Т. Е. Действие суперфоса на дерново-подзолистой почве при основном и рядковом внесении. — Агрохимия, 1984, № 10, с. 14—20.
3. Беляев Г. Н. Эффективность форм фосфорных удобрений на легких почвах Предуралья. — Там же, 1988, № 4, с. 16—22.
4. Дербуневич Н. Н. ПКМФ — фосфорно-магниевое удобрение. — Химия в сельск. хоз-ве, 1987, № 2, с. 73—94.
5. Дзикович К. А., Константинова В. И., Паукер В. И. и др. К вопросу об использовании сынырыта в качестве бесхлорного калийного удобрения. — Агрохимия, 1987, № 4, с. 33—37.
6. Калининский А. А., Вильдфлуш И. Р., Куруленко В. М. Эф-

фективность суперфоса в севообороте на дерново-подзолистой почве.— Там же, 1987, № 11, с. 33—37.— 7. Касицкий Ю. И. Общие вопросы установления оптимального содержания подвижного фосфора в почвах.— Там же, 1988, № 10, с. 16—31.— 8. Касицкий Ю. И. Агрохимические аспекты решения проблемы фосфора в земледелии СССР.— Там же, 1983, № 10, с. 16—31.— 9. Литвинов В. С. Эффективность суперфоса на дерново-подзолистой почве.— Химия в сельск. хоз-ве, 1986, № 10, с. 24—25.— 10. Меньшов В. Н. Фосфорные удобрения — сельскому хозяйству.— Там же, 1985, № 5, с. 2—4.— 11. Неугодова О. В., Останин А. И., Лапшина Л. В. и др. Агрохимические свойства плавленных магниевых фосфатов.— Агрохимия, 1988, № 10, с. 8—16.— 12. Останин А. И., Сидорина Л. В., Подколзина Г. В. и др. Суперфос из Кингисеппского фосфорита.— Химия в сельск. хоз-ве, 1985, № 7, с. 67—71.— 13. Прусевич А. М. Проблемы агрохимического сырья Западной Сибири.—

Новосибирск: Наука, 1985.— 14. Рочев В. А., Барсукова Г. А. Влияние кремне содержащего удобрения на содержание подвижных форм кремния и фосфора в почве и накопление их в растениях.— Сиб. вестн. с.-х. науки, 1984, № 3, с. 1—6.— 15. Сидорина Л. В., Останин А. И., Подколзина Г. В. и др. Агрохимическая эффективность нового фосфорного удобрения — суперфоса.— Агрохимия, 1983, № 10, с. 50—57.— 16. Толстоусов В. П. Проблема фосфора в земледелии.— Химия в сельск. хоз-ве, 1966, № 2, с. 2—4.— 17. Унанянц Т. П. Химизация сельского хозяйства в СССР и за рубежом.— М.: Химия, 1981.— 18. Чумаченко И. Н. Использование сырых фосфатов в земледелии.— Химия в сельск. хоз-ве, 1986, № 2, с. 20—22.— 19. Янишевский Ф. В., Дзикович К. А., Константинова В. И. и др. Агрохимическая оценка комплексных бесхлорных удобрений, полученных на основе переработки продуктов сынырытов.— Агрохимия, 1986, № 9, с. 53—59.

Статья поступила 26 марта 1990 г.

SUMMARY

The effect of simple and compound phosphorus-bearing fertilizers (double superphosphate, melted phosphoric-magnesium fertilizer — MPMF—, superphos, ChPF with lower rate of decomposition than in superphos, PK- and PKMg-fertilizers) with different solubility and properties on the yield of green mass of corn grown on soddy-podzolic middle loams, removal and coefficient of P_2O_5 utilization, as well as on fractional composition of phosphates was studied in greenhouse and field experiments. New forms of phosphorus-bearing fertilizers produced roughly the same effect on corn yield when applied both as powder and as grains the size of 0.25—0.5 mm (MPMF), ≤ 1.0 (PKMg) and ≥ 0.25 mm (PK).