

УДК 631.416: [631.445.25+631.811

ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМ ФОСФАТОВ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

ЧУПРИКОВ Ю. К., ФИЛАТОВ Н. Д.

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Потребление фосфора растениями составляет $\frac{1}{4}$ — $\frac{2}{3}$ потребления азота и калия, тем не менее вследствие поглощения фосфора почвой необходимость внесения фосфорных удобрений на слабокультуренных почвах неменьшая, чем азотных и калийных. Поэтому исследование превращения фосфора вносимых удобрений и размеров его ретроградации в почве представляет как теоретический, так и практический интерес.

В последнее время этот вопрос изучается в различных почвенно-климатических условиях (зонах). Исследования показывают, что фосфатный режим почв определяется в основном их генетическим типом, однако применение удобрений приводит к значительным изменениям соотношений форм фосфора. Внесенные в почву растворимые фосфорные удобрения претерпевают изменения, обусловленные физико-химическими и биологическими особенностями почвы, и приближаются по доступности к почвенным фосфатам.

Было показано [5], что ретроградированные фосфаты удобрений в основном являются усвояемыми, но так как степень их подвижности различная, то для обеспечения растений фосфором в одних почвах необходимо иметь больший запас усвояемых фосфатов, в других — меньший.

При изучении форм фосфатов в почвах обычно используют один какой-либо метод, что не дает возможности получить полной характеристики фосфатного режима почвы. Поэтому нам представлялось интересным при изучении превращения фосфора вносимых удобрений в серой лесной почве применить метод Чанга — Джексона и метод Гинзбурга — Лебедевой, а при изучении доступных форм — стандартный метод Кирсанова и Олсена, который в последнее время применяется на известкованных почвах.

Методика исследований

Исследования проводили в 1971—1974 гг. в стационарном полевом опыте, заложенном Тульской зональной агрохимической лабораторией в 1971 г. в совхозе «Парники» Тульской области. В качестве минеральных удобрений применяли аммиачную селитру, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий. Образцы почвы отбирали с двух повторностей полевого опыта с каждого агрохимического фона и слоя почвы. О фосфатном режиме судили по следующим показателям: содержание общего фосфора — с использованием хлорной кислоты [10], органических фосфатов — по методу Реншала в модификации Хейфец с учетом кислото- и щелочерастворимых органических фосфатов, минеральных форм фосфатов — по методу Чанга и Джексона в модификации Аскинази и др. и по методу Гинзбург — Лебедевой, подвижных

фосфатов — по Кирсанову и Олсену [10]. Во всех случаях после получения соответствующих вытяжек фосфор определяли колориметрически по Труогу — Мейеру на электрофотоколориметре.

Результаты и их обсуждение

Агрохимические показатели серой лесной почвы до закладки опыта представлены в табл. 1. Содержание подвижных фосфатов и калия в пахотном слое и лежащих ниже горизонтах указывает на среднюю обеспеченность почвы этими элементами.

Т а б л и ц а 1

Агрохимические показатели почвы

Горизонт и глубина, см	Гумус по Тю- рингу, %	pH _{сол.} KCl	N _г	S	V, %	N _{гидр}	P ₂ O ₅	K ₂ O
А _п , 0—20	2,8	5,4	4,0	17,4	81,3	6,2	6,2	10,1
А ₁ , 25—35	2,3	5,1	3,7	18,1	83,0	5,6	5,0	10,1
А ₁ В ₁ , 45—55	1,1	5,0	3,2	19,3	85,8	2,5	9,9	12,3
В ₁ , 60—70	0,8	4,5	2,9	20,6	87,6	2,2	9,7	9,5
С, 110—120	0,0	4,4	2,1	22,2	91,3	0	10,2	10,2

При внесении повышенных доз суперфосфата P₂₄₀ и P₄₈₀ на фоне извести по норме гидролитической кислотности значительно возрастало валовое содержание фосфатов в пахотном слое (табл. 3). Общие запасы фосфора в почве повышались, как это видно из табл. 2, за счет увеличения уровня минеральных и органических фосфатов.

При внесении минеральных удобрений на фоне повышенных доз суперфосфата увеличивалось количество выделенных из почвы органических фосфатов, что в основном связано с накоплением сравнительно легкогидролизующихся их форм, переходящих в кислотную вытяжку. Так, на фоне P₄₈₀ в контрольном варианте содержание легкогидролизующихся органических фосфатов было на 8,5 мг P₂O₅ на 100 г выше, чем в почве естественного плодородия.

Известь, внесенная в почву по норме гидролитической кислотности, вызвала незначительное увеличение количества легкогидролизующихся органических фосфатов во всех изучаемых вариантах по сравнению с их количеством в почве естественного плодородия (табл. 2). Количество органических фосфатов, выделенных из почвы действием 4% NH₄OH, на фоне известкования и внесения минеральных удобрений не изменялось. Как известно, в эту вытяжку переходят слабогидролизующиеся органические соединения фосфора [4—7, 11].

Накопление минеральных фосфатов в почве под влиянием высоких доз суперфосфата прежде всего обусловлено увеличением содержания минеральных форм фосфора, переходящих в кислотную вытяжку. Так, при внесении суперфосфата в дозе 480 кг P₂O₅ на 1 га и применении на этом фоне N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ в течение трех лет содержание минеральных фосфатов увеличивалось на 49,3 мг P₂O₅ в 100 г почвы по сравнению с их количеством в почве естественного фона (табл. 2, варианты I и III). Содержание минеральных фосфатов, выделенных из почвы обработкой ее 4% NH₄OH, под действием минеральных удобрений и известкования не изменялось.

Наряду с увеличением абсолютного содержания всех групп выделенных фосфатов возрастало относительное содержание минеральных кислоторастворимых фосфатов, а также легкогидролизующихся орга-

нических форм. Содержание слабогидролизуемых органических фосфатов при внесении минеральных удобрений на фоне повышенных доз суперфосфата уменьшалось с 41 до 30% (табл. 2, варианты I и III, фон 1 и 3, 4).

Таким образом, внесение высоких доз суперфосфата с целью создания в почве различных фосфатных уровней и применение на этих фонах минеральных удобрений в течение трех лет способствовали увеличению содержания валового фосфора, которое было обусловлено главным образом накоплением минеральных фосфатов в почве.

Т а б л и ц а 2

Содержание органических и минеральных фосфатов (вариант Хейфец)
в серой лесной почве

Агрохимический фон	P ₂ O ₅ , мг/100 г					P ₂ O ₅ , % к сумме извлеченных фосфатов	
	минеральная		органическая		сумма	минеральная (4 н. HCl и 4% NH ₄ OH)	органическая (4 н. HCl и 4% NH ₄ OH)
	4 н. HCl	4% NH ₄ OH	4 н. HCl	4% NH ₄ OH			
I — контроль							
1 — естественное плодородие	51,4	7,0	12,1	29,5	100,0	58,4	41,6
2 — CaCO ₃	57,5	6,5	15,3	30,0	109,3	58,6	41,4
3 — P ₂₄₀ +CaCO ₃	69,0	7,1	19,8	31,0	126,9	60,0	40,0
4 — P ₄₈₀ +CaCO ₃	83,1	6,4	20,6	30,4	140,5	63,7	36,3
II — N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀							
1 — естественное плодородие	54,0	6,8	12,6	30,4	103,6	58,6	41,4
2 — CaCO ₃	63,3	7,1	14,1	29,8	114,3	61,6	38,4
3 — P ₂₄₀ +CaCO ₃	74,6	6,4	16,7	31,1	128,8	62,9	37,1
4 — P ₄₈₀ +CaCO ₃	91,1	6,9	21,0	30,5	149,5	65,6	34,4
III — N ₁₂₀ P ₁₀ K ₁₀							
1 — естественное плодородие	61,3	6,5	12,5	30,1	110,4	61,4	38,6
2 — CaCO ₃	71,6	6,8	14,3	30,3	123,0	63,7	36,3
3 — P ₂₄₀ +CaCO ₃	81,3	6,7	15,7	29,5	133,2	66,1	33,9
4 — P ₄₈₀ +CaCO ₃	100,7	6,7	15,8	30,8	154,0	69,7	30,3

Представляло интерес определить содержание фракции минеральных фосфатов в почве и изменение этого показателя под действием извести и минеральных удобрений. В настоящее время нет достаточно разработанных прямых методов выделения различных форм почвенных фосфатов. Поэтому для получения более точной характеристики форм минеральных фосфатов мы пользовались двумя методами. Метод селективного выделения почвенных фосфатов, предложенный Чангом и Джексоном, является в известной степени косвенным. Авторы относят фосфаты, выделенные из почвы фторидной вытяжкой, к соединениям с алюминием. Однако другие исследователи [2] показали, что в данную вытяжку переходят разноосновные фосфаты кальция и магния, а также некоторое количество фосфатов железа. По своей доступности растениям фосфаты алюминия и разноосновные фосфаты кальция существенно различаются. В этой связи важно расчлнить формы фосфатов, переходящих во фторидную вытяжку, что в какой-то мере позволяет сделать метод Гинзбург и Лебедевой [3].

О фракционном составе минеральных фосфатов серой лесной почвы и его изменении под влиянием удобрений можно судить по данным табл. 3. Применение удобрений на фоне повышенных доз суперфосфата не оказало влияния на накопление водорастворимых и рыхлосвязанных фосфатов в почве. Содержание фосфатов, переходящих во фторидную вытяжку, значительно увеличивалось по мере повышения доз удобрений. Так, при внесении суперфосфата в контроле без применения удобрений содержание фосфатов, переходящих во фторидную вытяжку, возросло на 10—9 мг P_2O_5 на 100 г (табл. 3, вариант I, фон 4) по сравнению с их количеством в почве естественного плодородия. Применение минеральных удобрений на этом фоне в течение трех лет обуславливало дальнейшее накопление фосфатов, вытесненных из почвы фторидной вытяжкой. Если, например, в контроле по фону 4 в почве содержалось 19,3 мг P_2O_5 , то в результате трехлетнего применения $N_{120}P_{120}K_{120}$ содержание фосфатов этой фракции возросло до 27,0 мг P_2O_5 на 100 г.

Т а б л и ц а 3

Содержание форм минеральных фосфатов в серой лесной почве, определенное по методу Чанга и Джексона (P_2O_5 мг/100 г)

Агрохимический фон	1 н. NH_4Cl	0,5 н. NH_4F , рН 8,5	0,1 н. NaOH	Сумма органических фосфатов	0,5 н. H_2SO_4	Сумма активных минеральных фосфатов	Валовое содержание фосфора
I — контроль							
1 — естественное плодородие	—	9,3	9,9	69,3	17,7	36,9	140
2 — $CaCO_3$	—	8,6	11,3	65,8	18,4	38,3	139
3 — $P_{240} + CaCO_3$	—	19,1	12,6	61,3	22,0	53,7	150
4 — $P_{480} + CaCO_3$	—	19,3	18,4	67,2	23,4	61,1	160
II — $N_{60}P_{60}K_{60}$							
1 — естественное плодородие	—	11,0	11,5	64,9	16,6	39,1	139
2 — $CaCO_3$	—	13,6	11,8	63,2	19,6	45,0	139
3 — $P_{240} + CaCO_3$	—	23,3	13,3	62,2	23,1	63,5	160
4 — $P_{480} + CaCO_3$	Следы	24,6	19,8	70,5	24,3	68,7	170
III — $N_{120}P_{120}K_{120}$							
1 — естественное плодородие	—	12,5	12,4	66,4	18,3	43,2	148
2 — $CaCO_3$	—	15,0	12,2	64,7	19,0	46,2	146
3 — $P_{240} + CaCO_3$	—	24,8	18,4	64,7	24,1	67,3	163
4 — $P_{480} + CaCO_3$	Следы	27,0	23,1	69,0	27,0	77,1	178

Повышенные дозы суперфосфата способствовали накоплению фосфатов, переходящих в щелочную вытяжку, в которую в основном переходят фосфаты железа. Применение удобрений и внесение суперфосфата в больших дозах обеспечивали накопление фосфатов, выделенных из почвы кислотной вытяжкой, среди которых преобладали высокоосновные фосфаты кальция. Так, в почве естественного плодородия контрольного варианта содержалось 17,7 мг высокоосновных фосфатов кальция, а при внесении по 120 кг азота, фосфора и калия на 1 га по фону 4 их количество возросло до 27 мг P_2O_5 на 100 г (табл. 3 вариант I, фон I и 4).

Таким образом, сумма активных минеральных фосфатов в условиях создания повышенного уровня подвижных фосфатов в почве и приме-

нения удобрений значительно увеличивалась за счет накопления всех минеральных форм, переходящих в последовательные вытяжки при обработке почвы по методу Чанга и Джексона.

Накопление минеральных активных фосфатов происходило главным образом за счет увеличения содержания фосфатов, переходящих во фторидную вытяжку, при снижении содержания основных фосфатов кальция (табл. 4). Например, если в контрольном варианте в почве естественного плодородия относительное содержание Al—P, Fe—P и Ca—P было равно 25,0; 26,9 и 48,1, то при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ в течение трех лет на фоне $P_{480}+CaCO_3$ оно составило соответственно 34,9; 30,0 и 35,1%.

Таблица 4

Распределение минеральных фосфатов в серой лесной почве (вариант Чанга и Джексона)

Агрохимический фон	Рыхлосвя- занные фо- сфаты	Al—P	Fe—P	Ca—P	Содержание органических фосфатов, % от валового фосфора	Содержание активных минеральных фосфатов, % от валового фосфора
	% от суммы фосфатов, содержащихся в вытяжках					
I — контроль						
1 — естественное плодородие	—	25,0	26,9	48,1	49,5	26,4
2 — $CaCO_3$	—	22,4	29,6	48,0	47,4	27,6
3 — $P_{240}+CaCO_3$	—	35,4	23,6	41,0	40,9	35,3
4 — $P_{480}+CaCO_3$	—	31,5	30,1	38,4	42,0	38,2
II — $N_{60}P_{60}K_{60}$						
1 — естественное плодородие	—	28,1	29,4	42,5	46,7	28,1
2 — $CaCO_3$	—	30,1	26,3	43,6	45,5	32,4
3 — $P_{240}+CaCO_3$	—	36,6	26,9	36,5	38,9	39,7
4 — $P_{480}+CaCO_3$	—	35,7	28,9	35,4	41,5	40,4
III — $N_{120}P_{120}K_{120}$						
1 — естественное плодородие	—	28,8	28,8	42,4	44,2	30,0
2 — $CaCO_3$	—	32,3	26,5	41,4	44,4	31,5
3 — $P_{240}+CaCO_3$	—	36,9	27,5	35,8	39,7	41,3
4 — $P_{480}+CaCO_3$	—	34,9	30,0	35,1	38,8	43,3

Содержание активных минеральных фосфатов в процентах к валовому фосфору при внесении удобрений увеличивалось. Как известно, в группу активных минеральных форм фосфора входят доступные растениям фосфаты. Степень их доступности зависит от генетических особенностей почвы и доз удобрений.

Фракционирование фосфатов по методу Гинзбург — Лебедевой (табл. 5) показало, что в серой лесной почве заметно увеличивалось содержание минеральных фосфатов фракции I, в которую переходили более растворимые и доступные растениям фосфаты, в основном кислые и свежесажженные фосфаты кальция и магния. Так, в почве естественного плодородия в контроле содержалось 8,5 мг P_2O_5 на 100 г, в результате внесения P_{480} количество фосфатов возросло до 18,9 мг. Применение удобрений в течение изучаемого периода не оказало заметного влияния на накопление фосфатов этой фракции. Содержание фосфатов фракции II, выделяемых из почвы 0,5 н. $CH_3COOH+(NH_4)_2MoO$ и состоящих из разноосновных фосфатов кальция, магния и закиси железа, увеличивалось только при внесении высоких доз суперфосфата (до 19,9—29,7%

от суммы всех фракций, выделенных из почвы). Авторы метода считают, что фосфаты этой вытяжки доступны для таких культур, как люпин, гречиха, горчица, и являются резервом для образования фосфатов фракции I. Применение извести до закладки опыта способствовало увеличению и абсолютного и относительного количества фосфатов I и II фракций. В почве контроля на фоне CaCO_3 без применения суперфосфата содержание фосфатов этих фракций составило соответственно 11,0 и 8,3 мг, а на фоне естественного плодородия — 8,5 и 7,5 мг P_2O_5 на 100 г.

Доля фосфатов фракции III, переходящих в раствор после обработки почвы фтористым аммонием и представленных фосфатами Al типа варисцита, вафеллита и др., при внесении удобрений несколько сокращалась (табл. 6). Следует отметить, что на них приходилось всего 4,4—7,5% выделенных фосфатов.

Таблица 5

Содержание минеральных фосфатов в серой лесной почве, выделенных по методу Гинзбург — Лебедевой (P_2O_5 , мг/100 г)

Агрохимический фон	Ca—P _I	Ca—P _{II}	Al—P	Fe—P	Ca—P _{III}	Сумма минеральных фосфатов
I — контроль						
1 — естественное плодородие	8,5	7,5	2,5	7,7	10,0	36,2
2 — CaCO_3	11,0	8,3	2,3	7,3	8,8	37,7
3 — $\text{P}_{240} + \text{CaCO}_3$	15,8	15,4	2,2	8,8	15,0	57,2
4 — $\text{P}_{480} + \text{CaCO}_3$	18,9	20,3	3,0	10,1	16,1	68,4
II — $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$						
1 — естественное плодородие	8,8	7,4	2,5	7,9	10,5	37,1
2 — CaCO_3	10,9	9,6	2,6	7,4	9,7	40,2
3 — $\text{P}_{240} + \text{CaCO}_3$	14,9	16,5	3,0	8,7	16,2	59,3
4 — $\text{P}_{480} + \text{CaCO}_3$	20,1	18,4	4,5	10,3	16,8	70,1
III — $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$						
1 — естественное плодородие	9,9	8,5	3,0	8,6	10,0	40,0
2 — CaCO_3	12,3	10,6	2,7	7,8	9,8	43,2
3 — $\text{P}_{240} + \text{CaCO}_3$	16,8	14,9	2,8	9,0	17,3	60,8
4 — $\text{P}_{480} + \text{CaCO}_3$	20,7	17,4	4,2	11,0	18,2	71,5

Содержание фосфатов IV фракции, выделяемых 0,1 н. NaOH и представленных в основном соединениями FePO_4 типа стренгита-дифренита, при внесении повышенных доз суперфосфата возрастало, но незначительно, что и обуславливало снижение процентного содержания этой фракции в общей сумме выделенных фосфатов. Так, при внесении 480 кг P_2O_5 на 1 га содержание FePO_4 было на 6,6—6,2% ниже, чем в контроле (табл. 6).

Содержание в почве высокоосновных фосфатов кальция (фракция V) типа апатита несколько увеличивалось при внесении повышенных доз суперфосфата (табл. 5). Некоторое накопление фосфатов этой фракции наблюдалось в почве контрольного варианта на фоне известкования при повышенном содержании фосфатов.

Таким образом, повышение содержания фосфатов в почве при внесении того или иного количества суперфосфата способствовало значительному накоплению валового фосфора и прежде всего его минеральных активных форм, в основном наиболее легкодоступных и растворимых форм фосфора.

Распределение минеральных фосфатов в серой лесной почве
(вариант Гинзбург — Лебедевой)

Агрохимический фон	Ca—P _I	Ca—P _{II}	Al—P	Fe—P	Ca—P _{III}	Содержание минеральных фосфатов от валового фосфора
	% фосфатов, содержащихся в 5 последовательных вытяжках					
I — контроль						
1 — естественное плодородие	23,4	20,8	6,9	21,3	27,6	25,8
2 — CaCO ₃	29,1	22,0	6,1	19,4	23,0	27,0
3 — P ₂₄₀ +CaCO ₃	27,7	26,9	3,9	15,3	26,2	38,1
4 — P ₄₈₀ +CaCO ₃	27,6	29,7	4,4	14,7	23,6	42,7
II — N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀						
1 — естественное плодородие	23,8	19,9	6,7	21,3	28,3	26,7
2 — CaCO ₃	27,2	23,9	6,5	18,5	23,9	28,9
3 — P ₂₄₀ +CaCO ₃	25,2	27,9	5,1	14,7	27,1	37,0
4 — P ₄₈₀ +CaCO ₃	28,7	26,3	6,5	14,7	23,8	41,3
III — N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀						
1 — естественное плодородие	24,8	21,3	7,5	21,6	24,8	27,1
2 — CaCO ₃	28,5	24,6	6,3	18,1	22,5	29,9
3 — P ₂₄₀ +CaCO ₃	27,7	24,6	4,7	14,9	28,1	37,3
4 — P ₄₈₀ +CaCO ₃	28,9	24,4	5,9	15,4	25,4	40,2

Известно значительное число химических методов, позволяющих определить содержание доступных фосфатов в почве [10]. Для определения количества подвижных фосфатов в дерново-подзолистых и серых лесных почвах широко используется метод, разработанный А. Т. Кирсановым. Однако, как показывают исследования, количество подвижных фосфатов, вытесненных 0,2н. KCl из почвы, не всегда соответствует истинному их содержанию в почве, особенно в известкованной. Поэтому мы наряду с методом Кирсанова применили метод Олсена. Последний был предложен для вытеснения подвижных фосфатов из карбонатных почв, однако теперь он широко используется как для кислых, так и для известкованных почв [6].

Результаты определения подвижных фосфатов этими двумя методами оказались различными (табл. 7). Так, содержание P₂O₅ в почве естественного плодородия по Кирсанову составило 5,0 мг, т. е. обеспеченность фосфатами была средней, а по Олсену — 8,5 мг на 100 г, т. е. была хорошей исходя

Таблица 7
Содержание подвижных фосфатов
в пахотном слое серой лесной почвы
(мг P₂O₅ на 100 г)

Агрохимический фон	По Кирсанову	По Олсену
I — контроль		
1 — естественное плодородие	5,0	8,5
2 — CaCO ₃	5,0	9,2
3 — CaCO ₃ +P ₂₄₀	8,7	12,5
4 — CaCO ₃ +P ₄₈₀	10,0	16,0
II — N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		
1 — естественное плодородие	6,0	11,0
2 — CaCO ₃	7,0	12,0
3 — CaCO ₃ +P ₂₄₀	10,0	14,0
4 — CaCO ₃ +P ₄₈₀	12,0	18,1
III — N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀		
1 — естественное плодородие	7,0	16,2
2 — CaCO ₃	7,5	15,8
3 — CaCO ₃ +P ₂₄₀	11,0	17,0
4 — CaCO ₃ +P ₄₈₀	16,0	21,3

Урожай ячменя (ц/га) в 1974 г.

Агрохимический фон	I—контроль	II—N ₆₀ K ₆₀	III—N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	IV— N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
1 — естественное плодородие	32,5	36,9	37,4	39,5
2 — CaCO ₃	30,5	35,9	35,4	34,8
3 — CaCO ₃ +P ₂₄₀	31,6	36,7	37,3	38,7
4 — CaCO ₃ +P ₄₈₀	33,8	37,2	35,8	37,7

НСР_{0,5} фона 3,72 ц/га; НСР_{0,5} удобрений 5,02 ц/га

из группировки почв, предложенной Олсеном. Аналогичные данные получены и по другим удобренным фонам. Таким образом, определение подвижных фосфатов в серой лесной почве по методу Олсена показывает, что почва хорошо или высоко обеспечена подвижными формами фосфора.

Поэтому применение суперфосфата (варианты III и IV) не привело к получению достоверных прибавок урожая ячменя в 1974 г. (табл. 8).

Сравнивая урожай в варианте II (внесение N₆₀K₆₀), мы также не видим существенных различий по разным фонам.

Выводы

1. Применение повышенных доз суперфосфата в целях создания различных уровней подвижных фосфатов в серой лесной почве способствовало заметному накоплению валового фосфора, которое обеспечивалось главным образом за счет увеличения содержания активной минеральной группы фосфатов.

2. Органические формы фосфора накапливались в почве в меньшем количестве, чем минеральные, причем это накопление происходило благодаря увеличению уровня легкогидролизуемых фракций.

3. Содержание активной группы минеральных фосфатов в почве при внесении удобрений увеличивалось в основном в результате накопления разноосновных фосфатов кальция.

4. Использование для определения количества подвижных фосфатов в почве бикарбонатной вытяжки по методу Олсена дает возможность получить более правильную картину обеспеченности почвы подвижными формами фосфора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анзорге Х. Однократное внесение фосфорно-калийных удобрений. «Химия в сельск. хоз-ве», 1966, № 10, с. 21—27. — 2. Аскинази Д. Л., Гинзбург К. Е., Лебедева Л. С. Минеральные формы фосфора почвы и методы их определения. «Почвоведение», 1963, № 5, с. 6—20. — 3. Гинзбург К. Е., Лебедева Л. С. Методика определения минеральных форм фосфатов почвы. «Агрохимия», 1971, № 1, с. 125—135. — 4. Доспехов Б. А. Фосфатный режим длительно удобрявшихся почв. «Изв. ТСХА», 1963, вып. 6, с. 104—112. — 5. Кук Дж. Регулирование плодородия почв. М., «Колос», 1970. — 6. Кук Дж. Применение удобрений для получения максимальных урожаев с.х. культур. М., «Колос», 1975. — 7. Корицкая Т. Д., Маленина А. А. Увеличение запасов усвояемых и растворимых фосфатов в почве свеклосеющих

районов Украины и Центрально-Черноземной зоны. В кн.: Фосфорные удобрения и питание растений. М., «Колос», 1963, с. 41—60. — 8. Михайлов Н. Н., Тетерин В. П. Зависимость урожая и эффективность удобрений от содержания в почве подвижного фосфора. «Сельск. хоз-во за рубежом», 1970, № 4, с. 10—18. — 9. Рубанов В. С., Маркевич С. И. Сравнение методов определения подвижных соединений фосфора в дерново-подзолистых почвах. В кн.: Методические указания по географической сети опытов с удобрениями. М., «Колос», вып. 6, 1972, с. 88—95. — 10. Соколов А. В. Агрохимические методы исследования почв. М., «Наука», 1975. — 11. Хейфец Д. М. Методика определения и содержание минеральных и органических соединений фосфора в некоторых почвах Союза. «Почвоведение», 1948, № 2, с. 55—70. *Статья поступила 9 января 1978 г.*