

УДК 631.445.2:631.85

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТУЮ ПОЧВУ, НА РАЗЛИЧНЫХ ФОСФОРНЫХ ФОНАХ

И. П. ДЕРЮГИН, А. И. БЕЗНОСОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии ТСХА
и Удмуртская проектно-исследовательская станция химизации)

В настоящее время получено значительное количество экспериментальных данных, показывающих, что с увеличением содержания подвижных фосфатов в почве действие вновь вносимого фосфора резко снижается и приближается к нулю [1, 3, 4, 7, 10].

Излишнее обогащение почвы фосфором ведет к непроизводительным затратам фосфорных удобрений [8], а недостаточная обеспеченность им — к нерациональному использованию прежде всего азотных туков. В связи с этим важно знать, какой уровень подвижного фосфора является оптимальным для конкретного типа почвы и какие затраты фосфорных удобрений требуются для его создания. Для решения поставленных задач на одном почвенном участке искусственно создают фосфорный фон путем разового внесения высокой дозы фосфорных удобрений [2]. Вместе с тем возникает вопрос: равнозначны ли для сельскохозяйственных культур фосфорные фоны, созданные при разовом внесении больших количеств фосфорных удобрений и путем систематического внесения обычных доз фосфатов. В некоторых работах отмечается равнозначность данных фондов [2, 5]. При недостатке водорастворимых фосфорных удобрений для повышения фосфатного уровня в почве рекомендуется использовать фосфоритную муку [9].

Условия и методика проведения опыта

Нами изучалась эффективность фосфорных удобрений на разных фосфорных фонах, создаваемых путем разового внесения суперфосфата (P_2O_5) — 240 кг/га и фосфоритной муки Егорьевского месторождения — 240 и 480 кг/га за 8 мес до закладки опыта. Удобрения заделывали в почву плугом с предплужником на глубину 20—22 см.

Стационарный опыт проводили на экспериментальной базе «Июльское» Ижевского СХИ в 1973—1978 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимические показатели пахотного слоя следующие: $pH_{\text{соль}}$ 4,9—5,0, N_p — 2,9, $N_{\text{обм}}$ — 0,04—0,05 и сумма обменных оснований — 8,7—9,1 мг-экв/100 г; подвижный алюминий (по Соколову) — 0,22—0,28 мг/100; гумус (по Тюрину) — 2,1%, подвижный фосфор (по Кирсанову) — 2,5—3,4 и калий — 10,0—13,3 мг/100 г.

Опыт заложен на трех полях, в 4-польном севообороте (картофель, ячмень, горохо-овсяная смесь на сено, озимая рожь). Каждое поле предварительно известковали известняковой мукой по полной гидролитической кислотности. Минеральные удобрения в виде $N_{\text{аа}}$, $P_{\text{ст}}$, $P_{\text{ф}}$, K_{x} применяли ежегодно под все культуры из расчета: под картофель — 100N80K, ячмень — 80N60K, горохо-овсяную смесь — 80N60K и озимую рожь — 80N60K. Нормы фосфор-

ных удобрений указаны в табл. 1. В схеме опыта был предусмотрен вариант с разовым внесением 120P_{ст} под картофель.

Почвенные образцы отбирали на глубине 20 см ежегодно весной до посева и после уборки урожая с трех повторений. Повторность фондов 3-кратная, вариантов — 4-кратная. Размер учетной делянки 60—80 м². Расположение вариантов в повторениях рендомизированное. Агротехника в опыте — общепринятая в хозяйствах Удмуртской АССР.

Годы проведения опыта существенно различались как по сумме положительных температур, так и по количеству осадков. Обилие осадков (100—150% нормы) и умеренная температура воздуха характерны для вегетационных периодов 1976 и 1978 гг. Самое прохладное лето было в 1978 г., среднемесячная температура воздуха в летний период составляла 12,9°, что на 1,3° ниже среднеголетней. В 1974 и 1975 гг. в течение вегетации стояла жаркая и сухая погода. За май—август 1975 г. выпало 164 мм осадков (60% нормы), а среднемесячная температура воздуха составила 16,1°, что отрицательно сказалось на формировании зерна ячменя и клубней картофеля. Влажность почвы и температура воздуха в 1973 и 1977 гг. были более благоприятны для роста и развития картофеля.

Результаты и обсуждение

Перед посадкой картофеля содержание подвижного фосфора в слое почвы 20 см по фону 240Р_с в среднем возросло на 19 мг/кг (колебания 15—25 мг/кг) по сравнению с исходной почвой (естественным фоном), а на второй год — лишь на 10 мг/кг (табл. 1). Следует отметить, что

Т а б л и ц а 1

Эффективность фосфорных удобрений на различных фосфорных фонах (ц/га)

Вариант опыта	Культура			
	картофель	ячмень	горох — овес (сено)	оз. рожь
Р₀				
Без удобрений	146	11,6	15,3	12,3
30Р _{сг}	180	12,6	20,0	15,7
60Р _{сг}	198	14,0	23,1	17,4
120Р _{сг} (раз в 4 года)	208	11,8	16,6	14,5
60Р _ф	153	12,2	17,6	12,2
240Р_с				
Без удобрений	203	13,0	18,4	14,3
30Р _{сг}	190	13,6	22,0	16,3
60Р _{сг}	210	14,7	24,6	18,8
120Р _{сг} (раз в 4 года)	212	13,0	20,1	15,2
60Р _ф	192	11,8	20,4	15,4
240Р_ф				
Без удобрений	163	12,3	14,3	13,0
30Р _{сг}	188	13,3	20,2	15,9
60Р _{сг}	199	13,1	21,5	18,9
120Р _{сг} (раз в 4 года)	203	12,7	18,0	15,3
60Р _ф	179	12,4	19,5	14,8
480Р_ф				
Без удобрений	184	13,3	18,8	14,3
30Р _{сг}	197	13,1	21,4	16,1
60Р _{сг}	197	13,2	24,5	18,3
120Р _{сг} (раз в 4 года)	200	11,5	19,4	15,1
60Р _ф	186	11,8	17,5	13,1
НСР ₀₅ :				
общая	24	2,3	—	4,0
по вариантам	12	1,1	—	2,0
по фонам	11	1,0	—	1,8

степень подвижности фосфора увеличилась в 1,5 раза по сравнению с естественным фоном (табл. 2).

По фону 240Р_ф содержание подвижного фосфора в почве возросло с 44 до 72 мг/кг, а по фону 480Р_ф — до 128 мг/кг. Данный уровень подвижного фосфора практически не изменялся в течение всей ротации севооборота (4 года). Но степень подвижности почвенных фосфатов по указанным фонам на протяжении всего опыта была близкой к уровню естественного фона и оставалась неизменной до конца опыта (табл. 2). Это указывает на то, что фосфор фосфоритной муки в известкованной почве длительное время сохранялся в малорастворимой форме. Эффективность фосфорных удобрений на разных фосфорных фонах в I ротации севооборота была различной (табл. 1). На естественном фоне урожайность картофеля составила 146 ц/га, на фоне 240Р_с она возросла на 57 ц/га. Дополнительное внесение суперфосфата в дозах 30, 60, 120 кг Р₂О₅ на 1 га не приводило к повышению урожайности картофеля. Фоны 240Р_ф и 480Р_ф, существенно повысив содержание кислотрастворимого фосфора в почве, по действию на урожай клубней картофеля существенно уступали фону 240Р_{сг}. Прибавка урожая клубней

по фону 240P_ф составила 17 ц/га, а по фону 480P_ф — 38 ц/га.

По фону 240P_{сг} существенно повысился урожай зерна ячменя, идущего после картофеля, а также сена горохо-овсяной смеси и зерна озимой ржи. В среднем за 4 года (по 4 культурам) по этому фону получено дополнительно 20 ц з. ед. на 1 га. По фону 240P_ф прибавки урожая ячменя, горохо-овсяной смеси и озимой ржи оказались недостоверными, а по фону 480P_ф продуктивность севооборота возросла по сравнению с естественным фоном на 15,8 ц з. ед. на 1 га.

Однако на всех фосфорных фонах проявилось положительное действие вновь вносимых фосфорных удобрений. И лишь по фону 240P_{сг} в 1-й год внесения фосфорные удобрения не привели к повышению урожайности картофеля, но в варианте 60P прибавка урожая зерна ячменя составила 1,7 ц/га (при урожае в контроле 13,0 ц/га), сена горохо-овсяной смеси — 6,2 и зерна ржи — 4,5 ц/га. Аналогичная картина наблюдалась и по фосфорным фонам, созданными разовым внесением фосфоритной муки.

В целом за I ротацию севооборота в результате ежегодного внесения под каждую культуру 60P_{сг} совместно с НК по фону 240P_с получено дополнительно 12,4 ц, по фону 240P_ф — 19,5 и по фону 480P_ф — 10,5 ц, на естественном фоне — 25,7 ц з. ед. на 1 га (табл. 3).

Т а б л и ц а 2

Равновесная концентрация фосфора в почве (мг P₂O₅/л; в среднем по трем полям)

Вариант	Картофель	Ячмень	Горох — овес	Оз. рожь
P ₀				
P ₀	0,06	0,08	0,06	0,05
60P _{сг}	0,08	0,15	0,16	0,12
60P _ф	0,06	0,08	0,08	0,05
240P _с				
P ₀	0,12	0,12	0,09	0,08
60P _{сг}	0,18	0,22	0,25	0,17
60P _ф	0,14	0,17	0,13	0,13
240P _ф				
P ₀	0,08	0,08	0,08	0,07
60P _{сг}	0,08	0,14	0,17	0,12
60P _ф	0,08	0,09	0,09	0,08
480P _ф				
P ₀	0,07	0,10	0,08	0,07
60P _{сг}	0,08	0,15	0,20	0,11
60P _ф	0,06	0,08	0,10	0,09

Т а б л и ц а 3

Продуктивность (ц з. ед. на 1 га) севооборота (картофель, ячмень, горох — овес, оз. рожь)

Фосфорный фон	Вариант (по фону НК)				
	P ₀	30P _{сг}	60P _{сг}	120P _{сг}	60P _ф
P ₀	73,0	89,1	98,7	92,2	76,6
240P _с	93,0	94,5	105,4	97,0	90,9
240P _ф	78,7	92,3	98,2	93,6	87,2
480P _ф	88,8	95,1	99,3	92,1	85,8

НСР₀₅: общая — 6,9, по фонам — 3,1, по вариантам — 3,4.

Следует отметить, что разовое внесение как суперфосфата в дозе 240P, так и фосфоритной муки в дозе 480P не обеспечило устойчивого оптимального уровня доступных фосфатов в исследуемой почве, необходимого для получения достаточно высоких урожаев. Отсюда весьма важный вывод: в слабокультуренных дерново-подзолистых почвах с низким содержанием подвижного фосфора улучшение фосфатного состояния следует осуществлять путем систематического внесения под каждую культуру севооборота фосфорных удобрений в дозах, превышающих вынос на 100—150 %, на фоне других агротехнических приемов, направленных на окультуривание почвы.

Очень слабым оказалось действие фосфоритной муки, вносимой

ежегодно из расчета 60Р как на естественном фоне, так и на фоне суперфосфата и фосфоритной муки.

Содержание кислоторастворимого фосфора в почве по фону, создаваемому внесением фосфоритной муки, было несколько больше, чем по фону суперфосфата. Если по фону 240Р_{сг} перед посадкой картофеля в почве содержалось 63 мг Р₂О₅ на 1 кг, а через 3 года перед посевом озимой ржи — 53 мг, то по фону 240Р_ф — соответственно 72 и 74 мг (табл. 4). Внесение фосфоритной муки в дозе 480 кг Р₂О₅ на 1 га позволило повысить содержание кислоторастворимого фосфора до 130 мг

Т а б л и ц а 4

Содержание кислоторастворимого (по Кирсанову) фосфора в почве (мг Р ₂ О ₅ на 100 г; в среднем по трем полям)				
Вариант	Картофель	Ячмень	Горох — овес	Оз. рожь
Р ₀				
Р ₀	4,4	4,9	4,7	4,6
30Р _{сг}	4,2	4,9	4,8	4,7
60Р _{сг}	4,6	6,6	5,1	6,1
120Р _{сг} (раз в 4 года)	5,9	5,9	4,5	5,2
60Р _ф	5,6	8,1	5,7	9,1
240Р _с				
Р ₀	6,3	5,9	4,6	5,3
30Р _{сг}	6,8	8,0	6,2	6,7
60Р _{сг}	7,6	9,2	7,2	8,5
120Р _{сг} (раз в 4 года)	9,0	8,4	6,8	7,1
60Р _ф	7,9	10,3	7,1	9,0
240Р _ф				
Р ₀	7,2	8,2	7,1	7,4
30Р _{сг}	7,3	9,5	8,5	8,6
60Р _{сг}	7,9	11,7	8,7	10,5
120Р _{сг} (раз в 4 года)	7,7	9,7	8,5	8,4
60Р _ф	8,3	11,5	10,7	10,2
480Р _ф				
Р ₀	12,8	14,4	12,4	12,8
30Р _{сг}	13,3	15,3	12,4	13,8
60Р _{сг}	13,4	16,0	16,1	14,1
120Р _{сг} (раз в 4 года)	14,6	16,3	15,4	13,8
60Р _ф	12,3	17,6	14,8	15,7

и перевести почву в класс с повышенным содержанием фосфора. Однако накопленные фосфаты характеризовались меньшей подвижностью (табл. 2).

В настоящее время существует мнение, что концентрация фосфатов в жидкой фазе почв — объединяющем звене в динамической системе почва — растение — является одним из наиболее подходящих критериев оптимизации фосфатных уровней для разных почвенных условий и культур [6]. Однако до самого последнего времени в агрохимической практике основным критерием оптимальности фосфатного состояния почвы считалось содержание подвижного фосфора, определяемого в 0,2 н. НСl-вытяжке (метод Кирсанова).

Проведенные нами определения равновесной концентрации фосфора в слабосолевой вытяжке (0,03 н. К₂SO₄ по Карпинскому — Замятиной) показали (табл. 2), что в известкованной почве при внесении фосфоритной муки и суперфосфата создаются запасы фосфатов различной подвижности, причем различия в подвижности сохраняются довольно длительное время. Следует отметить, что при внесении 480Р_ф на фоне извести создавались такие же запасы усвояемых фосфатов, как и при внесении 240Р_{сг}. Поэтому для оценки фосфатного режима почв, особенно созданного при внесении различных по раство-

римости форм фосфатов, определение содержания только одного подвижного фосфора недостаточно, поскольку в данном случае не отражается природа фосфатов, извлекаемых кислотной вытяжкой. В эту вытяжку переходит фосфор высокоосновных фосфатов Са и Mg, который практически не участвует в питании растений.

Выводы

1. В дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с низким исходным содержанием подвижного фосфора (2,5—3,4 мг/100 г) в результате разового предварительного внесения 240Р_с уровень подвижных фосфатов возрос до 6,3 мг/100 г, при внесении 240Р_ф и 480Р_ф — соответственно до 7,2 и 13,1 мг/100 г.

2. Вследствие повышения уровня фосфатов в почве при разовом внесении 240Р_с продуктивность севооборота увеличилась на 20 ц, по фону 240Р_ф — на 5,8, 480Р_ф — на 15,8 ц з. ед. на 1 га.

Вновь вносимый фосфор не оказал положительного действия на урожайность первой культуры севооборота — картофеля по фону 240Р_с и второй культуры — ячменя по фону 240Р_ф и 480Р_ф.

3. В целом за 1 ротацию севооборота в результате ежегодного внесения под каждую культуру 60Р_{сг} по фону 240Р_с получена прибавка урожая 12,4 ц, по фону 240Р_ф и 480Р_ф — соответственно 19,5 и 10,5 ц з. ед. на 1 га.

4. При низком уровне подвижного фосфора в слабокультуренных дерново-подзолистых почвах содержание фосфатов следует повышать не путем разового внесения больших доз фосфора, а систематическим применением повышенных (превышающих вынос на 100—150 %) доз фосфорных удобрений на фоне других агротехнических приемов, направленных на окультуривание почвы.

5. При разовом внесении в почву суперфосфата и фосфоритной муки на фоне известкования создаются запасы фосфатов, различающихся по подвижности, а следовательно, и усвояемости.

6. Для прогнозирования содержания доступных фосфатов в почве, особенно при использовании фосфорных удобрений, различающихся по растворимости, необходимо исходить из двух показателей: количества кислоторастворимого фосфора (по Кирсанову) и степени его подвижности (равновесной концентрации).

ЛИТЕРАТУРА

1. Безносов А. И., Дерюгин И. П. Влияние минеральных удобрений на урожай картофеля на дерново-подзолистых почвах Удмуртской АССР. — В сб.: Вопросы почвоведения и применение удобрений в Удмуртской АССР. Тр. ИжСХИ, 1974, вып. 23, с. 236—245. — 2. Касицкий Ю. И., Айрумов Л. П., Ахмадеева Э. К., Кулешова А. Н. Прогнозирование оптимального уровня обеспеченности фосфатами дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. — *Агрохимия*, 1978, № 5, с. 18—28. — 3. Касицкий Ю. И. Об оптимальном уровне обеспеченности почв СССР подвижным фосфором. — *Агрохимия*, 1979, № 3, с. 135—151. — 4. Кулаковская Т. Н. Зависимость урожая растений от содержания в почве фосфатов. — *Агрохимия*, 1965, № 3, с. 43—54. — 5. Мельничук В. П., Федорова Л. Д. Методика определения оптимальных норм фосфорных и калийных удобрений под планируемый урожай трав на сенокосах и пастби-

щах. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1977, № 3, с. 18—27. — 6. Нейкова-Бочева Е. Концентрация фосфора как единый оптимизационный критерий фосфатного питания сельскохозяйственных культур. — *Агрохимия*, 1981, № 11, с. 26—30. — 7. Носко Б. С., Латышев Э. П. Эффективность удобрений на Украине в зависимости от содержания питательных веществ в почвах. — *Химия в сельском хозяйстве*, 1971, № 9, с. 46—51. — 8. Носко Б. С. К вопросу об использовании искусственных агрохимических фонов при изучении эффективности удобрений. — *Агрохимия*, 1975, № 6, с. 76—82. — 9. Соколов А. В., Гладкова К. Ф. Накопление в почвах остаточных фосфатов удобрений. — *Агрохимия*, 1979, № 9, с. 18—24. — 10. Прошляков А. А. Действие минеральных удобрений на урожай картофеля в зависимости от агрохимических показателей дерново-подзолистых почв. — *Агрохимия*, 1972, № 9, с. 40—46.

Статья поступила 12 октября 1984 г.

SUMMARY

Investigations were carried out on the training farm "Iyulskoye" of the Izhevsk Agricultural Institute in 1973—1978. Under preliminary application of P_s 240, P_{ph} 240 and P_{ph} 480 the amount of movable phosphorus in the soil was 2.0, 2.8 and 8.4 mg per 100 g higher respectively. Under application of P_s 240 the productivity of crop rotation (potatoes, barley, peas-and-cats mixture, winter rye) increased by 20, P_{ph} 240—5.7 and P_{ph} 480—15.8 centners of grain units per 1 ha. However, this failed to provide for optimal content of movable phosphorus in the soil. Under the application of P_s 60 to each crop of the rotation after the application of P_s 240, P_{ph} 240 and P_{ph} 480 the additional yield was 12.4, 19.5 and 10.5 centners of grain units per 1 ha respectively.