

ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОСФАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИЗВЕСТКОВАНИИ

Н.А. Кирпичников, д.с.-х.н., ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
127550, Москва, ул. Прянишникова, 31 а, e-mail: kzuek@yandex



В длительном полевом опыте изучено последствие фосфорных удобрений, применяемых в различных дозах, на показатели фосфатного режима дерново-подзолистой почвы и урожайность озимой пшеницы в зависимости от известкования. Установлено положительное влияние извести по 1,5 Нг на степень подвижности фосфатов (P_2O_5 по Скофилду) на протяжении всего периода последствия фосфорных удобрений, особенно в вариантах с высокими фонами P_{600} и P_{1200} . На седьмой год последствия фосфорных удобрений фона P_{600} при среднем содержании подвижного фосфора в почве (72-80 мг/кг) в варианте с применением извести формировалась урожайность 60 ц/га. Доля последствия в прибавке урожая от остаточных и свежеснесенных фосфорных удобрений на этом фоне составила без известкования 74%, при известковании 90%. Среднее содержание подвижного фосфора в почве поддерживалось при ежегодном внесении фосфорных удобрений по выносу с урожаем повышенное – в 1,3 раза выше выноса.

Ключевые слова: фосфорные удобрения, последствие, фосфатный режим почвы, известкование, озимая пшеница.

Для цитирования: Кирпичников Н.А. Последствие фосфорных удобрений на фосфатное состояние дерново-подзолистой почвы и урожайность озимой пшеницы при известковании //Плодородие. – 2021. – №3. – С. 49-51. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.08.

Плодородие дерново-подзолистых почв, как известно, во многом связано с обеспеченностью подвижными фосфатами и кислотностью. За последние годы применение фосфорных удобрений сократилось, что привело к резкому отрицательному балансу фосфора [1]. Урожайность сельскохозяйственных культур в этих условиях формируется за счет остаточных фосфатов удобрений, накопленных в прошлые годы. Эффективность их использования растениями зависит от количества накопленных остатков и времени их последствия [2-5]. Так в полевых опытах на Долгопрудной агрохимической опытной станции [6], а также на Ротамстедской опытной станции [7] показана высокая эффективность остатков фосфорных удобрений на протяжении длительного времени (30, 50 лет).

Положительное действие извести на фосфатный режим дерново-подзолистой почвы и последствие фосфорных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур [3, 4, 8] установлено в микрополевых и вегетационных опытах. Однако последствие фосфорных удобрений на показатели фосфатного режима дерново-подзолистой почвы и урожайность озимой пшеницы в связи с известкованием в условиях длительного полевого опыта изучено недостаточно.

Цель исследований – изучить в условиях длительного полевого опыта последствие фосфорных удобрений на фосфатный режим дерново-подзолистой почвы и урожайность озимой пшеницы в зависимости от известкования.

Методика. Исследования проводили в длительном полевом опыте, заложенном на Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии. Почва дерново-подзолистая тяжелосуглинистая слабокультуренная. Известняковую муку по 1,5 Нг (12 т/га) вносили за год до применения фосфорных удобрений. При изучении эффективности остаточных фосфатов использовали искусственные фосфатные фоны, созданные в течение шести лет (P_0 , P_{300} , P_{600} , P_{1200}). Фосфорные удобрения применяли в форме двойного гранулированного суперфосфата на общем фоне азотно-калийных удобрений в виде аммиачной селитры и хлористого калия. Под озимую пшеницу вносили $N_{120}K_{120}$, применяя N_{30} – осенью, N_{90} – весной в подкормку. Использовали сорта Мироновская 808, Московская 39. Подробная методика изложена в работе [9].

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что внесенные за 6 лет фосфорные удобрения, особенно высокие дозы, оказали влияние на показатели фосфатного режима дерново-подзолистой почвы (табл. 1, 2).

1. Влияние доз суперфосфата на содержание подвижного фосфора и «остаточных» фосфатов в почве, мг/кг

Внесено P ₂ O ₅ за 6 лет, кг/га	Через 6 лет	Годы после внесения удобрений			
		1 – й	3 – й	5 – й	7 – й
Без известки (pH _{KCl} 4,2)					
0	20/-	18/-	20/-	21/-	20/-
300	50/58	35/50	35/32	36/30	35/31
600	85/141	60/100	48/75	54/75	52/74
1200	162/280	125/203	88/171	86/165	88/168
Известь по 1,5 Гр (pH _{KCl} 5,6)					
0	24/-	22/-	22/-	28/-	23/-
300	56/69	38/52	34/48	41/48	36/46
600	89/138	72/108	48/90	56/87	54/86
1200	182/300	134/217	97/185	93/170	94/172
НСР ₀₅	21/29	16/29	12/32	15/35	16/22

Примечание. В числителе – содержание подвижного фосфора по Кирсанову (среднее по трем полям), в знаменателе – содержание «остаточных» фосфатов (по разности к фону НК). «Остаточные» фосфаты по методу Похлебкиной [4].

Так применение 1200 кг/га P_2O_5 повысило содержание подвижного фосфора в почве (по Кирсанову) в 9 раз. Среднее содержание подвижного фосфора обеспечивалось внесением фосфорных удобрений по 300 и 600 кг/га. Содержание «остаточных» фосфатов (P_2O_5 в 0,2 н. НСІ при соотношении почвы к раствору 1:100) в вариантах с внесением высоких доз фосфорных удобрений (600 и 1200 кг/га P_2O_5) было в 1,5 раза выше, чем подвижного фосфора (табл. 2). В большей мере (в 14 раз), чем содержание подвижного фосфора в данном случае повышалась степень подвижности фосфатов (табл. 3). С течением времени содержание фосфатов в почве снижалось, различия вариантов по фосфору сглаживались, что связано с закреплением их почвой и выносом фосфора растениями. С увеличением дозы фосфорных удобрений интенсивность снижения фосфатов в почве во времени повышалась. Так на третий год последействия фосфорных удобрений содержание

подвижного фосфора в почве варианта P_{1200} снизилось в 2 раза. То же самое наблюдалось по показателям «остаточные» фосфаты и концентрации P_2O_5 в солевой вытяжке. Стабилизация фосфатов почвы началась с третьего года последействия. Следует отметить, что величина «остаточных» фосфатов оставалась выше, чем подвижных фосфатов, особенно при высоких дозах внесенных удобрений.

Известкование оказало положительное влияние на степень подвижности фосфатов (фактор интенсивности), особенно в вариантах с высоким количеством внесенных удобрений. Причем эта закономерность наблюдалась во все годы последействия фосфорных удобрений, что свидетельствует о мобилизирующем влиянии известки на почвенные и внесенные фосфаты через 7 и 15 лет после известкования.

2. Влияние доз суперфосфата на концентрацию P_2O_5 в 0,02 н. $CaCl_2$ (по Скофилду), мг/л (среднее по трем полям)

Внесено P ₂ O ₅ за 6 лет, кг/га	Через 6 лет	Годы после внесения удобрений			
		1 – й	3 – й	5 – й	7 – й
Без известки (рН _{KCl} 4,2)					
0	0,020	0,019	0,035	0,032	0,034
300	0,040	0,030	0,041	0,040	0,042
600	0,090	0,051	0,073	0,060	0,062
1200	0,280	0,130	0,110	0,100	0,102
Известь по 1,5 Нг (рН _{KCl} 5,6)					
0	0,024	0,020	0,042	0,045	0,044
300	0,043	0,032	0,050	0,052	0,050
600	0,110	0,068	0,090	0,093	0,090
1200	0,350	0,220	0,160	0,145	0,140
НСР ₀₅	0,020	0,017	0,015	0,024	0,021

Несмотря на снижение показателей фосфатного режима почвы во времени, доступность остаточных фосфатов растениям оставалась относительно высокой, о чем свидетельствуют данные урожайности озимой пшеницы (табл. 3).

3. Эффективность остаточных фосфатов в первый и седьмой годы последействия фосфорных удобрений при возделывании озимой пшеницы

Фон (остаточные фосфаты)	Свежевносенные P ₂ O ₅ , кг/га	Урожайность	Прибавка	Доля последствий, %	Вынос P ₂ O ₅ , кг/га	Использование P ₂ O ₅ при последствиях, %
		ц/га				
Без извести (pH _{KCl} 4,2)						
P ₀ (18)	0	33,1/27,7	-/-	-/-	37,1/32,6	-
	50	41,9/34,5	8,8/6,8	-/-	44,9/41,9	-
P ₃₀₀ (35)	0	35,3/32,3	2,2/4,6	22/37	48,1/36,7	29/13
	50	42,8/40,1	7,5/7,8	-	50,3/44,6	-
P ₆₀₀ (60)	0	48,2/46,5	15,1/18,8	86/74	51,8/50,2	40/53
	50	50,5/53,0	2,3/6,5	-	54,3/53,5	-
P ₁₂₀₀ (125)	0	52,7/57,3	19,6/29,6	92/93	54,9/55,3	48/70
	50	54,9/58,4	2,2/1,4	-/-	58,5/58,1	-
Известь по 1,5 Нг (pH _{KCl} 5,6)						
P ₀ (22)	0	44,3/40,0	-	-	52,0/44,1	-
	50	46,1/48,7	1,8/8,7	-	54,8/48,9	-
P ₃₀₀ (38)	0	49,4/45,0	5,1/5,0	63/45	61,1/47,8	17/8
	50	52,4/51,4	2,7/6,4	-	63,9/52,8	-
P ₆₀₀ (72)	0	53,2/60,3	8,9/20,3	92/90	64,4/61,7	24/40
	50	53,9/62,2	0,7/1,9	-	64,6/63,5	-
P ₁₂₀₀ (134)	0	53,8/62,1	9,5/22,1	95/95	65,8/62,4	27/42
	50	54,4/63,3	0,6/1,2	-	67,0/64,9	-
НСР ₀₅	-	2,6/2,8	-	-	-	-

Примечания. 1. В скобках – содержание подвижного фосфора, мг/кг. 2. В числителе в первый год последействия, в знаменателе – на седьмой год.

С повышением фосфатного фона последействие фосфорных удобрений повышалось, особенно в сочетании с известкованием. В первый год последействия низкого фона (P_{300}) без известки составляло 7%, на седьмой год – 17%, высокого фона (P_{1200}) – 60 и 107% соответственно. Последействие фосфорных удобрений в

сочетании с известкованием по фону P_{300} достигало 38 и 58%, по фону P_{1200} – 61 и 127% соответственно. То есть остаточные фосфаты не утратили положительного влияния на урожайность озимой пшеницы и на 7-й год последействия, особенно на высоких фосфатных фонах (P_{600} и P_{1200}).

В первый год доля последствия в прибавке урожая от остаточных и свежевнесенных удобрений с повышением фона увеличивалась на 68% в вариантах без известкования и на 32% в вариантах с внесением извести. На седьмой год последствия за счет высокого фона (P_{1200}), когда содержание подвижного фосфора составляло 88 мг/кг, урожайность озимой пшеницы повышалась в 2,1 раза. Свежевнесенные фосфорные удобрения в данном случае были не эффективны. На известкованной почве они обеспечивали достоверные прибавки только при низком содержании подвижного фосфора в почве, в то время как на неизвесткованной – не только при низком, но и при среднем содержании.

В вариантах с применением извести формировалась почти максимальная урожайность озимой пшеницы (60 ц/га) на фосфатном фоне P_{600} , когда содержание подвижного фосфора в почве составляло 72 мг/кг, свежевнесенные удобрения при этом не оказали существенно-го влияния на урожайность. Долевое последствие фосфорных удобрений на седьмой год при известковании в этом варианте достигало 90%, в то время как без известкования оно составляло 74%.

С увеличением уровня остаточных фосфатов в почве повышалось использование фосфора растениями, которое достигало без внесения извести в первый год последствия 48%, на седьмой – 70%. На известкованной почве этот показатель снижался в 1,5-2,0 раза, что связано с мобилизацией фосфатов почвы и увеличением потребления фосфора растениями за счет самой извести.

4. Изменение содержания подвижного фосфора в почве при использовании свежевнесенных фосфорных удобрений на седьмой год последствия

Фон (остаточные фосфаты)	Свежевнесенные P_2O_5 , кг/га	Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг	
		без извести	известь, 1,5 Нг
P_0 (18-22)	0	20	22
	50	28	29
	100	35	40
P_{300} (35-38)	0	35	34
	50	43	45
	100	59	70
P_{600} (60-72)	0	48	48
	50	59	64
	100	80	85
P_{1200} (125-134)	0	88	97
	50	110	113
	100	125	138

Для поддержания созданных уровней остаточных фосфатов требовалось внесение различных доз фосфорных удобрений. Среднее содержание подвижного фосфора (60-72 мг/кг) поддерживалось ежегодным внесением фосфорных удобрений в дозе 50 кг/га, что соответствовало выносу фосфора с урожаем озимой пшени-

цы. Для поддержания повышенного содержания (125 – 134 мг/кг) требовалось внесение более высокой дозы фосфорных удобрений (100 кг/га) – вынос фосфора с урожаем озимой пшеницы в данном случае составлял при известковании свыше 60 кг/га P_2O_5 (табл. 4).

Заключение. Установлено, что на слабообкультуренной средне и повышенно обеспеченной фосфором дерново-подзолистой почве применение фосфорных удобрений в различных дозах увеличивает доступность остаточных фосфатов для культур полевого севооборота, особенно на известкованной почве по 1,5 Нг. Степень подвижности фосфатов почвы (фактор интенсивности) при этом в первый – седьмой годы последствия выше, чем на неизвесткованной в вариантах с применением извести. На седьмой год последствия фосфорных удобрений (фон P_{600}) долевое последствие в прибавке урожая от остаточных и свежевнесенных фосфорных удобрений при известковании и среднем содержании подвижного фосфора в почве достигало 90%, а без известкования – 74%. Количество остаточных фосфатов в почве в большей мере, чем содержание подвижного фосфора (по Кирсанову), отражает метод определения фосфора при широком соотношении почвы к раствору (1:100) при суточном их взаимодействии и может служить признаком обеспеченности почвы фосфатами. Наибольший эффект от известкования получен при слабой обеспеченности почвы подвижными фосфатами, что имеет важное значение для практики при современном состоянии плодородия дерново-подзолистых почв. При планировании доз свежевнесенных фосфорных удобрений необходимо учитывать не только обеспеченность почвы остаточными фосфатами, но и кислотность.

Литература.

1. Сычев В.Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. – М.: РАН, 2019. – С. 91–147.
2. Шафран С.А. Влияние типа почв и содержания в них подвижных фосфатов на эффективность фосфорных удобрений // Агрохимия. – 2015. – № 3. – С. 26-33.
3. Глазунова Н.М. Действие фосфора и извести на фосфатный режим дерново-подзолистых почв и урожай растений // Агрохимия. – 1983. – №10. – С. 70-78.
4. Похлебкина Л.П. Использование зерновыми культурами остаточных фосфатов и баланс фосфора в микрополе опыте // Бюлл. ВИ-УА. – 1979. – №47. – С. 47-53.
5. Адрианов С.Н. Формирование фосфатного режима дерново-подзолистых почв в разных системах удобрения. – М.: ВНИИ агрохимии, 2004. – С.120-215.
6. Хлыстовский А.Д. Плодородие почвы при длительном применении удобрений. – М.: Наука, 1992. – С. 80-150.
7. Cooke G.W. Phosphorus and Potassium Problems in Plant Production and How to solve them. The IX Congress on Fertilizers, Budapest, 1984. – P. 1-39.
8. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Теоретические основы известкования почв. – Санкт-Петербург: ЛНИИСХ, 2005. – С. 90-118.
9. Кирпичников Н.А., Адрианов С.Н. Действие и последствие фосфорных удобрений на дерново-подзолистой почве при различной степени известкования // Агрохимия. – 2007. – № 10. – С. 1-11.

AFTEREFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZERS ON THE PHOSPHATE STATUS OF SODDY-PODZOL SOIL AND THE YIELD OF WINTER WHEAT UNDER LIMING

N.A. Kirpichnikov

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia, e-mail: kziek@yandex.ru

In a long-term field experiment, the aftereffect of phosphorus fertilizers used in various doses on the parameters of the phosphate regime of sod-podzolic soil and the yield of winter wheat, depending on liming, was studied. A positive effect of 1.5 Ng of lime on the degree of phosphate mobility (P_2O_5 according to Scofield) was established throughout the entire aftereffect of phosphorus fertilizers, especially in variants with high backgrounds of P_{600} and P_{1200} . In the seventh year of the aftereffect of phosphorus fertilizers of the P_{600} background, with an average content of mobile phosphorus in the soil (72-80 mg/kg) in the variant with the use of lime, a yield of 6 t/ha was formed. The share of aftereffect in the increase in yield from residual and freshly applied phosphorus fertilizers against this background was 74% without liming, with liming 90%. The average content of mobile phosphorus in the soil was maintained with the annual application of phosphorus fertilizers in terms of removal with the harvest increased – 1.3 times higher than the removal.

Key words: phosphate fertilizers, aftereffect, phosphate soil status, liming, winter wheat.