

6. К о д а н е в И. М., М а с л о в с к и й В. В. Белковость зерна в зависимости от азотных удобрений и величины урожая. «Ж. «Вестн. с.-х. науки», 1969, № 9.

7. Пшеница и ее улучшение. (Перевод с англ.). М., «Колос», 1970.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ АЗОТА И ФОСФОРА В ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ КАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

И. И. Гринберг, А. Н. Угаров

По общепринятой в настоящее время в агрохимической методике определения норм внесения фосфорных удобрений с использованием местных шкал обеспеченности почв подвижным фосфором, на черноземах Канской и Красноярской лесостепи рекомендуется вносить фосфорные удобрения под зерновые по непропашным предшественникам в следующих дозах: при очень низком содержании фосфора (менее 10 мг/100 г почвы) — P_{60} , при низком — P_{40} , при среднем (15—20 мг) — P_{30} . Вносить фосфор рекомендуется на фоне N_{30-40} . Под кукурузу также рекомендуется полное удобрение, и фосфорные в его составе вносят даже на почве с высокой обеспеченностью фосфором (1, 2).

Однако во многих случаях фосфорные удобрения, внесенные по этим расчетам, не обеспечивают достаточно высокой прибавки урожая, оказываясь убыточными.

Так, Т. М. Андропова (3) отмечает, что в условиях Канской лесостепи пшеница по непаровым предшественникам не отзывается на внесение РК. При внесении их по пару фосфорные удобрения повышали урожай пшеницы только на почве с содержанием фосфора ниже 20 мг/100 г почвы по Тругу (соответствует примерно 12—15 мг по Чирикову).

По данным А. П. Антипиной (4), действие фосфорных удобрений малоэффективно при содержании фосфора в почве выше 15 мг по Чирикову. Это подтверждается также опытами Солянской ЗЛ (5), указывающими на невысокую отзывчивость на фосфорные удобрения, которая уже при среднем содержании фосфора в почве практически исчезает. В то же время при такой обеспеченности подвижным фосфором на черноземе Красноярской лесостепи (6) были получены значительные прибавки от фосфорных удобрений. Возмож-

но, что шкалы обеспеченности почв подвижным фосфором следует дифференцировать по зонам края.

Потребность в фосфоре может также ограничиваться недостатком азота в почве, на что указывают многие исследователи. И. И. Синягин и И. Я. Кузнецов при обобщении данных опытов по Сибири пришли к выводу, что даже для Западной Сибири отмечается «недостаточность обеспеченности азотом, фосфорная же недостаточность вопреки широко распространенному на этот счёт мнению в агрономической литературе здесь не подтвердилась» (7).

Солянской ЗАЛ в течение ряда лет (1973—1979 гг.) проводились опыты по изучению эффективности фосфорных и азотных удобрений в зависимости от предшественников и содержания фосфора в почве. Исследования проведены на выщелоченном черноземе в паропропашном севообороте на территории Ярульского совхоза Ирбейского района.

Содержание гумуса в пахотном слое почвы, по Тюрину, — 8,7%, общего азота — 0,42%, степень насыщенности оснований — 94%, рН солевой — около 6,5. Обеспеченность фосфором очень низкая (7—10 мг/100 г почвы, по Чирикову), калием — хорошая (14 мг/100 г). Изучение эффективности удобрений проводили в севообороте со следующим чередованием культур: 1) пар, 2) пшеница, 3) пшеница, 4) кукуруза, 5) пшеница, 6) ячмень. Изучение действия трех доз фосфорных удобрений под зерновые (30, 60 и 90 кг/га на фоне $N_{60}K_{30}$) и под кукурузу (60, 90, 120 кг/га на фоне $N_{60}K_{60}$) проводили на двух агрохимических фонах с двумя уровнями содержания фосфора: естественным, очень низким (7—10 мг) и средним (15—20 мг), созданными искусственно путем внесения простого суперфосфата в дозе 420 кг д. в.

Опыты проведены в 4-кратной повторности. Общая площадь делянок — 280 м², учетная — 200 м² для зерновых и 70 м² для кукурузы. Определение подвижного фосфора проводили по методу Чирикова, N—NO₃ — по методу Грандвалль-Ляжу. Удобрения вносили вручную весной под лущильник.

Результаты многолетних опытов на стационаре свидетельствуют о необходимости уточнения градаций по обеспеченности растений доступным фосфором для выщелоченных черноземов и более тесного увязывания доз фосфорных удобрений с содержанием азота в почве. Так, при содержании в почве 15—20 мг доступного фосфора зерновые по непаровым

предшественникам не отзывались на внесение фосфорных удобрений на фоне $N_{60}K_{30}$ во все годы исследований (табл. 1). Даже пшеница по пару при таком содержании P_2O_5 в почве лишь один раз из семи лет положительно реагировала на их внесение. Однако высота урожаев пшеницы по пару на почве со средним содержанием фосфора на 40—107% превышает ее урожайность на почве с очень низким содержанием фосфора. Даже в засушливые годы (1974, 1976, 1977) урожайность ее держалась на уровне 25 ц (кроме 1978 г.), а в более благоприятные годы достигала 32—35 ц. Все это свидетельствует о том, что при содержании 15—20 мг P_2O_5 на 100 г почвы растения хорошо обеспечены фосфором и обычно не нуждаются в дополнительном его внесении.

При содержании в почве 10 мг P_2O_5 растения испытывают недостаток этого элемента, однако четко это проявляется лишь в паровом поле, где они хорошо обеспечены азотом. Пшеница по пару отзывалась на внесение фосфорных удобрений прибавками зерна в среднем 3,3—5,6 ц, а в отдельные годы — 6,0—8,5 ц, что составляло 50 и 36% к фону (табл. 1). Но при анализе данных опытов с зерновыми по непаровым предшественникам на почве с очень низким содержанием фосфора обращает на себя внимание факт незначительной или устойчивой отзывчивости их на фосфорные удобрения.

Таблица 1

Действие фосфорных удобрений на урожайность зерновых в зависимости от предшественника и содержания P_2O_5 в почве

Вариант	Урожай на контроле, прибавка от РК к контролю от доз фосфора к фону НК, ц/га					
	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.	1978 г.
1	2	3	4	5	6	7

Содержание P_2O_5 в почве 7—10 мг/100 г

Пар

Контроль	32,0	12,6	37,2	23,4	16,2	7,9
$P_{60}K_{30}$	4,9	3,2	1,9	3,6	4,9	2,9
$N_{60}K_{30}$ —фон	2,5	—0,4	0,0	—0,7	3,4	0,9
Фон+ P_{30}	2,6	2,6	4,6	6,5	1,9	3,1

Вариант	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.	1978 г.
Фон+P ₆₀	3,4	3,6	2,9	6,6	1,4	1,6
Фон+P ₉₀	6,0	6,0	2,9	8,5	4,3	3,1
НСР	3,9	2,4	—	4,0	2,6	2,1

Кукуруза

Контроль	24,5	7,7	33,8	18,0	12,7	
P ₆₀ K ₃₀	-0,3	1,0	5,2	0,6	5,3	
N ₆₀ K ₃₀ -фон	2,5	-2,4	3,8	3,9	2,6	
Фон+P ₃₀	1,4	1,1	-1,1	2,0	3,9	
Фон+P ₆₀	4,1	3,6	0,0	2,1	5,9	
Фон+P ₉₀	2,2	3,9	-1,4	1,4	6,6	
НСР	2,9	1,8	—	3,5	3,0	

Пшеница по пару

Контроль		6,0	31,0	16,5	19,6	
P ₆₀ K ₃₀		0,0	8,5	-2,5	-0,1	
N ₆₀ K ₃₀ -фон		0,2	9,4	-0,7	-0,6	
Фон+P ₃₀		-0,4	1,1	2,3	-0,1	
Фон+P ₆₀		1,1	-5,8	1,4	1,9	
Фон+P ₉₀		0,2	-0,4	3,4	1,7	
НСР			5,6	3,2	2,3	

Пшеница по кукурузе

Контроль		7,7	30,8	21,1	14,9	
P ₆₀ K ₃₀		0,7	2,4	0,1	3,8	
N ₆₀ K ₃₀ -фон		0,6	1,7	8,7	9,0	
Фон+P ₃₀		-0,3	0,8	0,0	4,7	
Фон+P ₆₀		-0,5	5,5	4,4	3,4	
Фон+P ₉₀		0,4	0,9	2,1	5,9	
НСР				3,5	1,5	

Содержание P₂O₅ в почве 15—20 мг/100 г

Пар

Контроль		26,1	32,4	34,2	24,5	12,4
P ₆₀ K ₃₀		1,0	1,9	4,1	1,5	1,0
N ₆₀ K ₃₀ -фон		2,2	8,6	1,9	2,6	2,8
Фон+P ₃₀		-1,2	3,0	0,5	-0,1	0,1
Фон+P ₆₀		-1,0	-0,6	-0,6	1,7	0,9
Фон+P ₉₀		-1,9	5,0	-1,2	-0,3	0,4
НСР			1,8	1,6	2,6	1,3

Кукуруза

Контроль		17,1	13,3	36,9	20,6	10,6
P ₆₀ K ₃₀		-0,6	0,3	2,2	-3,0	2,8

Вариант	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.	1978 г.
N ₆₀ K ₃₀ —фон		9,3	1,8	1,7	0,2	7,1
Фон+P ₃₀		0,0	-0,2	1,0	2,7	0,8
Фон+P ₆₀		-0,5	0,7	1,4	1,1	0,6
Фон+P ₉₀		-0,3	2,6	3,8	1,4	-0,4
НСР		3,4	1,3	—	2,3	2,3

Пшеница по пару

Контроль	6,8	42,0	17,3	17,9
P ₆₀ K ₃₀	-0,5	2,1	-0,4	2,8
N ₆₀ K ₃₀ —фон	0,9	-1,6	4,5	6,6
Фон+P ₃₀	0,1	-0,2	-0,6	0,8
Фон+P ₆₀	0,0	2,0	-0,8	-0,4
Фон+P ₉₀	0,2	0,3	0,5	0,1
НСР			2,7	1,6

Пшеница по кукурузе

Контроль	11,4	30,0	22,7	15,0
P ₆₀ K ₃₀	-1,0	0,3	0,6	2,0
N ₆₀ K ₃₀ —фон	0,4	3,5	8,4	12,6
Фон+P ₃₀	-1,1	-1,5	2,0	-1,3
Фон+P ₆₀	-1,1	0,9	4,3	-0,9
Фон+P ₉₀	-1,6	3,5	2,5	-1,0
НСР		1,6	2,6	3,4

Во все годы опытов, кроме 1977 (пшеница по кукурузе и ямень), достоверные прибавки от внесения фосфорных удобрений получены или от одной из трех доз, или же их не было вовсе (табл. 1).

Низкая эффективность фосфорных удобрений под зерновые по паровым предшественникам связана, очевидно, с недостатком азота в почве, причем он настолько значителен, что фоновая доза + N₆₀ не устраняет его, и при таком уровне азотного питания потребность зерновых в фосфоре удовлетворяется за счет тех небольших запасов, которые предоставляет почва с содержанием P₂O₅ — 7—10 мг/100 г.

В паровом поле, где пшеница хорошо обеспечена азотом и высота ее урожая лимитируется недостатком фосфора, а иногда и влаги, фосфорные удобрения заметно повышали урожайность, особенно сильно их действие проявилось в засушливые годы. В резко засушливом 1974 г. прибавки зерна пшеницы по пару от внесения P₃₀—₉₀ на почве с низким содержанием фосфора составили 20—50% от контроля, а

при посеве на почве со средним содержанием фосфора уро- жай удваивался (табл. 1).

Зерновые по непаровым предшественникам страдали от недостатка азота, отзывались на их внесение значительными прибавками. Хотя пшеница по кукурузе обычно имеет более низкую влагообеспеченность по сравнению с паровыми, при внесении высокой дозы азота (вариант $N_{120}P_{60}K_{30}$) она не уступала по урожайности неудобренной пшенице по пару во все годы, кроме резко засушливого 1974 (табл. 2). То есть обычно в первом минимуме в этом поле находится азот. Именно это является причиной нестабильности действия фосфорных удобрений. Внесение их без азотных достоверно повышало урожайность только в один из пяти лет наблюдения — 1977 г.

Таблица 2

Эффективность внесения азотных удобрений в поле пшеницы

Культура, предшественник	Урожайность, ц/га					
	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.	1979 г.
Пшеница по пару без удобрений	32,0	12,6	37,2	23,4	16,2	33,5
Пшеница по кукурузе без удобрений	24,5	7,7	33,8	18,0	12,7	26,7
Пшеница по кукурузе $P_{60}K_{30}N_{120}$	32,3	7,3	37,0	23,7	22,7	32,5

Отсутствие эффекта от фосфорных удобрений, видимо, не связано с недостатком влаги, напротив, более заметно они повышали урожайность зерна в сухие и засушливые годы. При улучшении азотного питания и в условиях недостатка влаги зерновые по непаровым предшественникам проявляли потребность в фосфорных удобрениях.

Так, в опытах с пшеницей по кукурузе и ячменем в 1977 г. наблюдалась значительная отзывчивость на фосфорные удобрения. Из 13 опытов лишь в двух все дозы фосфорных удобрений были эффективны. Прибавка от их внесения составила 3,9—6,6 ц зерна пшеницы и 3,4—5,9 ц ячменя (табл. 1). Эти же опыты выделялись и по обеспеченности $N-NO_3$ весной перед посевом. Если в другие годы перед посевом

N—NO₃ в почве содержалось 10—12 мг/кг, то в 1977 г. — 20 мг, т. е. почти в 2 раза больше (табл. 3).

Степень обеспеченности зерновых азотом нарушает также и зависимость между фосфорным уровнем почвы и урожайностью зерновых. Так, повышенные содержания P₂O₅ в почве в двух группах обеспеченности (с 7—10 до 15—20 мг/100 г почвы, т. е. от очень низкого до среднего) способствовало значительному повышению урожайности зерна пшеницы по пару — в среднем за 1973—1978 гг. на 6,5 ц, или 29%, а в засушливые годы (1974, 1976—1978 гг.) — на 10,8 ц, что составило 70% от урожая на почве с низким содержанием фосфора.

Однако повышение уровня обеспеченности доступными фосфатами не всегда сопровождалось увеличением урожайности зерновых по непаровым предшественникам. Урожайность их в ряде случаев была одинаковой на обоих фосфорных фонах.

Если сопоставить величину прибавок зерна, полученных за счет увеличения содержания фосфора в почве от очень низкого до среднего с величиной прибавок от НК на почве со средним содержанием фосфора, то окажется, что между этими величинами существует обратная зависимость. Недостаток азота, на который указывают высокие прибавки от НК, сдерживает использование фосфора.

Так, при высоких прибавках от НК в 1975 г. в опыте с пшеницей по пару, в 1974, 1978 гг. с пшеницей по кукурузе, в 1976, 1977 гг. второй пшеницей по кукурузе и в 1975—1977 гг. с ячменем на почве со средним содержанием фосфора наблюдалось отсутствие эффекта от повышения фосфорного уровня почвы, в тех случаях, если прибавка от НК была низкой, действие фосфатного фона было заметным (табл. 3).

Еще слабее, чем зерновые, отзывается на фосфорные удобрения кукуруза. Так как предшественниками ее являются обычно зерновые, обеспеченность ее азотным питанием низка. Кроме того, для формирования зеленой массы прежде всего в достаточном количестве требуется азот. Даже при таком уровне фосфорного питания, которое предоставляет ей почва, с содержанием фосфора 7—10 мг/100 г, кукуруза не отзывалась на удобрения на фоне N₆₀K₆₀. Из пяти опытов лишь в одном и только одна доза дала прибавку выше НСР (30 ц/га при НСР=23 ц/га). На почве со средним содержа-

Содержание нитратного азота в почве и

Показатели	Пар						Кукуруза		
	73	74	75	76	77	78	73	74	75
Сод. N—NO ₃	30	52	22	30	30	40	10	15	17
Прибавки от P ₆₀ K ₃₀ * ц/га	4,9	3,2	—	3,6	4,9	2,9	—	—	—

* — указаны только достоверные (НСР) прибавки.

Связь между отзывчивостью зерновых на азотно-калийные

Показатели	Пар					Кукуруза		
	1974	1975	1976	1977	1978	1973	1974	1975
Прибавка от N ₆₀ K ₃₀ , ц/га	2,2	8,6	1,9	2,6	2,8	9,3	1,8	1,7
Прибавка за счет повышения содержания P ₂ O ₅ от 7—10 до 15—20 мг, %	107	—13	54	51	57	—30	73	9

нием фосфора фосфорные удобрения в некоторых случаях даже вызвали депрессию урожая зеленой массы кукурузы (табл. 5).

По результатам проведенных исследований можно заключить следующее.

Вопрос о применении фосфорных удобрений на выщелоченных черноземах должен обязательно решаться в первую очередь с учетом двух факторов — содержания P₂O₅ в почве и обеспеченности растений азотом.

Содержание P₂O₅ в почве в количестве 15—20 мг/100 г почвы, по существующим градициям, является достаточным для формирования урожая пшеницы сорта Скала в пределах 30—40 ц/га (при условии достаточного количества влаги);

Таблица 3

эффективность фосфорных удобрений, мг/кг почвы

		Пшеница по пару				Пшеница по кукурузе			
76	77	74	75	76	77	74	75	76	77
12	23	10	11	12	15	10	12	10	21
—	5,3	—	—	—	—	—	—	—	3,8

Таблица 4

удобрения и влиянием фосфатного уровня на их урожайность

		Пшеница по пару				Пшеница по кукурузе			
1976	1977	1974	1975	1976	1977	1974	1975	1976	1977
0,2	7,1	0,9	—1,6	4,5	6,6	0,4	3,5	8,4	12,6
14	—17	13	36	5	9	48	—3	8	0,7

фосфорные удобрения на фоне N_{60} при такой обеспеченности фосфором неэффективны.

На почве с очень низким содержанием P_2O_5 (7—9) фосфорные удобрения, безусловно, необходимы после парового предшественника; по непаровым предшественникам действие фосфорных удобрений лимитируется недостатком азота, и получить эффект от их внесения можно лишь при определенном уровне обеспеченности азотом. В наших опытах эффект от фосфорных удобрений наблюдался при содержании $N-NO_3$ в почве перед посевом 20 мг/кг почвы.

Кукуруза, выращиваемая на зеленую массу, обычно не нуждается в фосфорных удобрениях, и применение их под эту культуру на фоне обычных доз азота (N_{60}) ведет к непроизводительным затратам.

Влияние фосфорных удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы, ц/га*

Вариант	1973 г.	1974 г.	1975 г.	6 г.	1978 г.	Среднее
Содержание P_2O_5 — 7—9 мг/100 г почвы						
Контроль	79	79	520	198	207	216
$N_{60}K_{60}$ — фон	130	75	589	242	281	264
Фон+ P_{60}	3	10	15	39	— 32	— 1
Фон+ P_{90}	10	4	18	41	3	7
Фон+ P_{120}	13	6	1	51	42	12
НСР	13	13	76	—	56	
Содержание P_2O_5 — 11—10 мг/100 г почвы						
Контроль	138	71	526**	221	268	245
$N_{60}K_{60}$ —фон	187	84	559	321	356	301
Фон+ P_{60}	— 12	2	—67	6	30	5
Фон+ P_{90}	— 25	2	—3*	39	—3	13
Фон+ P_{120}	— 53	— 4	8	31	—19	—10
НСР	20	12	—	46	45	

* — прибавки от фосфорных удобрений даны к фону $N_{60}K_{60}$;

** — опыты математически недостоверны.

Кукуруза и зерновые по непаровым предшественникам на выщелоченном черноземе Канской лесостепи нуждаются в первую очередь в азотных удобрениях, и вносить фосфорные и другие виды удобрений следует только наряду с восполнением дефицита азотного питания.

Л и т е р а т у р а

1. Рабочая инструкция для зональных агрохимлабораторий по крупномасштабному агрохимическому исследованию почв, проведению полевых опытов с удобрениями и составлению рекомендаций по применению удобрений в колхозах и совхозах Восточной Сибири, 1967.

2. Научные основы и рекомендации по применению удобрений в районах Зауралья, Сибири и Д. В. (Под ред. Панникова и др.). Новосибирск, 1976.

3. Андропова Т. М. Влияние систематического применения удобрений в севообороте на урожай и его качество. Научно-технич. бюлл. Вып. 24—25. Новосибирск, 1977.

4. Антипина Л. П. Связь между содержанием подвижного фосфора и эффективностью фосфорных удобрений в полевых опытах на черно-

земах Канской лесостепи. Сб. «Плодородие почв и удобрений в Красноярском крае». Красноярск, 1966.

5. Кильби И. Я. Результаты изучения агрохимических свойств почв и эффективность минеральных удобрений в зоне деятельности Солянской ЗАЛ. Сб. «Удобрения и урожай». Красноярск, 1975.

6. Гончарик Н. В., Штундюк В. В. Результаты изучения агрохимических свойств почв и эффективность минеральных удобрений в зоне деятельности Красноярской краевой агрохимлаборатории. Сб. «Удобрения и урожай». Красноярск, 1975.

7. Свиягин И. И., Кузнецов И. Я. Применение удобрений в Сибири. М., «Колос», 1979.