

УДК 631.445.24:631.452:631.82

ЭФФЕКТИВНОЕ ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСЧЕТНЫХ НОРМ УДОБРЕНИЙ

Ю. П. ЖУКОВ, О. В. ГОРСТ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Основным критерием обоснованности любой системы удобрений в зонах достаточного увлажнения и орошаемого земледелия является баланс питательных элементов, обеспечивающий получение плановых урожаев возделываемых культур при сохранении или повышении плодородия почвы. При средней обеспеченности почв подвижными формами питательных элементов нормы удобрений должны восполнять их вынос с урожаями культур; при высоком содержании питательных элементов в почве возмещение их выноса удобрениями может быть частичным.

Целью настоящих исследований явилось изучение влияния рассчитанных балансовым методом систем удобрения на некоторые агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы за две ротации 4-польного севооборота.

Схема, методика исследований и сведения о продуктивности культур севооборота опубликованы нами ранее [2—5].

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая на покровном суглинке, подстилаемом мореной, перед закладкой опыта (1973 г.) характеризовалась низким содержанием подвижного фосфора и средним — обменного калия, относительно высокими содержанием гумуса и степенью насыщенности основаниями (79 %) при $pH_{\text{сол}} 4,7$ и $N_r 4,0$ мг·экв/100 г. Нормы фосфорных удобрений на 1-ю ротацию севооборота рассчитывали не только на восполнение их выноса с урожаями культур, но и на повышение содержания в почве запаса подвижного фосфора. Нормы азотных и калийных удобрений должны были обеспечивать получение плановых урожаев культур и лишь поддерживать содержание в почве этих элементов на прежнем уровне. Для нейтрализации подкисляющего действия минеральных удобрений, снижения обменной и гидролитической кислотности почвы в начале 1-й и 2-й ротаций севооборота проводили известкование — 5 т $CaCO_3$ на 1 га.

При расчете норм удобрений применяли балансовые коэффициенты использования питательных элементов удобрений (отношение элементов, вынесенных с хозяйственным урожаем, к внесенным с удобрениями, выраженное в процентах). В табл. 1 приведены фактические и плановые балансовые коэффициенты использования питательных элементов в конце 1-й и 2-й ротаций. В среднем по 4 полям севооборота за 1-ю ротацию фактические балансовые коэффициенты использования питательных элементов приближались к плановым или незначительно превышали их по всем системам, кроме 4-й (рассчитана на повышенный уровень продуктивности), где они оказались ниже плановых вследствие недополучения запланированных урожаев культур. В конце 2-й ротации балансовые коэффициенты по азоту и фосфору были несколько меньше, а по калию — значительно ниже плановых, причем различия между фактическими и плановыми коэффициентами были наименьшими в 6-й системе, где фактические урожаи культур максимально приблизились к плановым.

Коэффициенты использования питательных элементов удобрений
(фактические — числитель, плановые — знаменатель) за 1-ю и 2-ю ротации
в среднем по 4 полям севооборота при различных системах удобрения

Система удобрения	1-я ротация						2-я ротация					
	разностные			балансовые			разностные			балансовые		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
2 85N69P (73N43P131K)	37	15	—	$\frac{95}{85}$	$\frac{42}{38}$	—	46	25	34	$\frac{89}{100}$	$\frac{70}{80}$	$\frac{66}{100}$
3 99N63P106K (73N57P88K)	27	16	37	$\frac{79}{82}$	$\frac{46}{46}$	$\frac{108}{95}$	44	23	61	$\frac{88}{100}$	$\frac{57}{60}$	$\frac{109}{150}$
4 187N125P206K (109N126P103K)	24	11	34	$\frac{52}{81}$	$\frac{27}{45}$	$\frac{72}{92}$	50	18	83	$\frac{79}{100}$	$\frac{34}{40}$	$\frac{123}{200}$
5 94N74P112K (108N126P131K)	38	14	47	$\frac{90}{88}$	$\frac{40}{39}$	$\frac{114}{91}$	50	17	64	$\frac{79}{100}$	$\frac{33}{40}$	$\frac{95}{150}$
6 75N55P84K (73N56P88K)	33	15	51	$\frac{99}{109}$	$\frac{50}{51}$	$\frac{138}{125}$	52	26	65	$\frac{95}{100}$	$\frac{57}{60}$	$\frac{112}{150}$

Примечание. В скобках — 2-я ротация.

Наряду с балансовыми рассчитывались и разностные коэффициенты использования питательных элементов удобрений за обе ротации севооборота (табл. 1). Дело в том, что разностные коэффициенты часто дают неверное представление о потреблении питательных элементов растениями. Так, за 1-ю ротацию разностные коэффициенты использования азотных удобрений в 5-й системе выше, чем в 6-й, а коэффициенты использования фосфорных удобрений практически одинаковые (табл. 1). На самом же деле (как видно из балансовых коэффициентов) азотных и фосфорных удобрений в 6-й системе было использовано соответственно на 10 и 25 % больше, чем в 5-й. Во 2-й ротации разностные коэффициенты использования азотных удобрений в 4-й и 5-й системах выше, чем в 1-ю ротацию, а балансовые — ниже. Разностные коэффициенты использования фосфорных удобрений во 2-й и 6-й системах одинаковые, а балансовые — значительно выше во 2-й.

Таким образом, если судить по разностным коэффициентам, то на бедной почве усвоение культурами питательных элементов удобрений в 1-ю ротацию севооборота было низким, а во 2-ю ротацию значительно возросло при одновременном повышении запасов подвижных форм

Таблица 2

Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы после 1-й (в скобках) и 2-й ротации севооборота (в среднем по 4 полям)

Система удобрения	pH _{сол}	N _T		S		P ₂ O ₅		K ₂ O		Гумус, %
		мг·экв/100 г		мг/100 г (по Кирсанову)		мг/100 г (по Кирсанову)		мг/100 г (по Кирсанову)		
0	4,7	4,0		15,0		2,8		9,4		2,40
1	(4,8) 4,7	(3,1) 3,2	(16,3) 15,9	(2,8) 3,3	(13,6) 8,5	(2,41) 2,27				
2	(4,8) 4,9	(2,8) 2,8	(16,8) 16,3	(3,6) 6,2	(10,5) 12,6	(2,46) 2,37				
3	(4,6) 4,8	(3,4) 3,0	(16,4) 16,3	(3,5) 6,0	(17,5) 14,0	(2,63) 2,56				
4	(4,6) 4,9	(3,9) 3,0	(15,4) 16,3	(5,2) 12,3	(28,0) 19,3	(2,78) 2,62				
5	(4,6) 4,6	(3,7) 2,9	(16,1) 15,8	(3,6) 11,1	(20,5) 18,0	(2,56) 2,44				
6	(4,7) 4,6	(2,9) 2,9	(17,5) 16,2	(3,3) 6,9	(18,1) 14,3	(2,31) 2,39				
HCP ₀₅	—	(0,8) —	—	(1,4) 1,3	(6,1) 3,4	—				

Примечание. 0 — исходная почва.

Изменение фракционного состава минеральных фосфатов по Гинзбург — Лебедевой (P_2O_5 в мг/100 г) под влиянием систем удобрения за 2 ротации севооборота, 1974—1981 гг.

Система удобрения	Ca—P _I	Ca—P _{II}	Al—P	Fe—P	Ca—P _{III}	Сумма фракций
0	4,2 (28,4)	4,7 (31,7)	5,3 (35,8)	0,2 (1,4)	0,4 (2,7)	14,8
1	4,4 (39,6)	3,1 (27,9)	1,7 (15,3)	0,7 (6,4)	1,2 (10,8)	11,1
2	6,2 (38,0)	3,9 (23,9)	3,8 (23,3)	0,8 (4,9)	1,6 (9,8)	16,3
3	5,0 (34,7)	3,9 (27,1)	4,0 (27,8)	0,6 (4,2)	0,9 (6,3)	14,4
4	7,3 (36,9)	6,0 (30,3)	4,5 (22,7)	0,5 (2,5)	1,5 (7,6)	19,8
5	5,8 (33,1)	5,0 (28,6)	4,6 (26,3)	0,6 (3,4)	1,5 (8,6)	17,5
6	5,1 (30,9)	4,6 (27,8)	4,5 (27,3)	0,7 (4,2)	1,6 (9,7)	16,5

П р и м е ч а н и е. 0 — исходная почва; 1 — контроль и фон, припосевное внесение фосфора; в скобках — % от суммы.

питательных элементов в почве. Однако исследованиями с мечеными ^{32}P [7] и ^{40}K [6] установлено, что с ростом удобренности почв использование культурами удобрений снижается. Кроме того, по разностным коэффициентам (без расчета баланса питательных элементов) нельзя делать вывод об обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов. При расчете балансовых коэффициентов этот показатель учитывается. В соответствии с балансовыми коэффициентами (табл. 1) за 1-ю ротацию севооборота в 4-й системе достоверно возросло, а в других наблюдалась лишь тенденция к увеличению содержания подвижного фосфора в почве под влиянием удобрений (табл. 2). К концу 2-й ротации севооборота во всех вариантах содержание в почве подвижных фосфатов достоверно возросло: почва 2-, 3- и 6-го вариантов по обеспеченности подвижными фосфатами была отнесена к III, а 4-го и 5-го — к IV классу. В контроле с припосевным внесением фосфора достоверного снижения содержания подвижных фосфатов не наблюдалось. Все это говорит о высокой фосфатной буферности почвы, способности ее поддерживать определенный фосфатный уровень и противодействовать как снижению (в контроле), так и быстрому увеличению содержания подвижных фосфатов (в 1-й ротации). Этим, очевидно, и объясняется тот факт, что затраты фосфорных удобрений на повышение содержания в почве подвижного фосфора (на 1 мг P_2O_5 в 100 г почвы) в 1-ю ротацию были в 2—5 раз выше, чем во 2-ю. В среднем по севообороту за 2 ротации для повышения на 1 мг P_2O_5 подвижных фосфатов в 100 г почвы было израсходовано от 53 кг (6-й) до 102 кг (4-й вариант) фосфорных удобрений на 1 га сверх выноса с урожаями культур. В среднем за 8 лет по всем удобренным вариантам в расчете на 1 га расходовалось 70 кг фосфора удобрений для увеличения обеспеченности почвы на 1 мг/100 г.

При внесении фосфорных удобрений в почве наряду с накоплением легкорастворимых фосфатов происходит закрепление фосфора в различные неодинаково доступные растениям формы, что, естественно, влияет на эффективность фосфорных удобрений [1]. Из данных табл. 3 видно, что систематическое применение фосфорных удобрений привело к накоплению в почве остаточных фосфатов различной степени растворимости: от 10 (во 2-й системе) до 34 % (в 4-й). Исключение составила 3-я система, где изменений в содержании фосфатов практически не отмечено. В контроле содержание минеральных фосфатов на 25 % снизилось. Во всех вариантах значительно возросло содержание фракций Ca—P_I, Fe—P и Ca—P_{III}; содержание Ca—P_{II} было выше по сравнению с исходным уровнем только в 4-й и 5-й системах, во 2-й и 3-й и особенно в контроле количество Ca—P_{II} снизилось. Количество алюмофосфатов уменьшилось на 14—30 % в удобрявшихся вариантах и на 68 % — в контроле.

Из минеральных фосфатов в почве преобладали более растворимые фосфаты кальция, фракции Ca—P_I и Ca—P_{II} (59—67 % суммы фосфатов по пяти фракциям). В контроле снизилось количество доступных фосфатов кальция, но относительное их содержание также составляло 67 %. Меньше всего в удобрявшихся почвах содержалось фракций железофосфатов (Fe—P) и высокоосновных фосфатов кальция (Ca—P_{III}), но по сравнению с исходным уровнем оно увеличилось в 2,5—3,5 раза. В контроле количество фракций Fe—P и Ca—P_{III} было максимальным — 17,2 % суммы фракций. Меньше всего содержалось в почве алюмофосфатов (Al—P), что указывает на значительное использование растениями фосфатов этой фракции в экстремальных условиях.

Систематическое применение калийных удобрений в 1-ю ротацию способствовало повышению содержания обменного калия в почве почти в 2 раза в системах, рассчитанных на I уровень продуктивности культур, и в 2,5—3 раза — в 4-й системе, рассчитанной на II уровень. Столь высокое накопление в почве обменного калия под влиянием удобрений объясняется, видимо, мобилизацией почвенного калия, характерной для суглинистой дерново-подзолистой почвы, в которой преобладают двухслойные минералы каолинитной группы [6], а также биогенной аккумуляцией калия в пахотном горизонте из нижних горизонтов. Содержание обменного калия к концу 1-й ротации не снизилось даже в контроле и 2-м варианте, где калийные удобрения в течение 1-й ротации не вносили, поэтому здесь почва по обеспеченности обменным калием отнесена к III классу. В 3, 5 и 6-м вариантах почва по содержанию обменного калия в конце 1-й ротации была отнесена к V классу, а в 4-м — к VI. Поэтому применительно ко 2-й ротации севооборота были запланированы дефицитные балансовые коэффициенты использования калия из удобрений (кроме 2-й системы, где калий вносили по выносу). Однако к концу 2-й ротации содержание обменного калия в почвах 4-го и 5-го вариантов оставалось высоким, а в остальных удобрениях — повышенным, причем во 2-й системе наметилась тенденция к увеличению этого показателя по сравнению с уровнем в 1-й ротации.

Под влиянием известкования существенно снизилась гидролитическая кислотность почвы и несколько возросла степень насыщенности основаниями (в среднем на 5—7 %) по сравнению с исходными параметрами. Существенных изменений в содержании гумуса в почве за 2 ротации севооборота не произошло.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что применение расчетных норм удобрений позволяет не только получать равные и близкие к плановым урожаи культур, но и изменять плодородие почвы в желаемую сторону: создавать в бедной почве оптимальный уровень содержания подвижных форм питательных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург К. Е. Фосфор основных типов почв СССР. М.: Наука, 1981. — 2. Жуков Ю. П., Глухов Н. И. Определение оптимальных доз и соотношений удобрений с учетом использования питательных элементов из удобрений и почвы. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 4, с. 68—76. — 3. Жуков Ю. П., Глухов Н. И. Продуктивность культур полевого севооборота на слабокультуренной дерново-подзолистой почве при балансовых системах удобрения. — В кн.: Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. Пушкино, 1979, с. 126—131. — 4. Жуков Ю. П., Горст О. В. Продуктивность культур в 4-польном севообороте при системах удобрения, рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 2, с. 79—89. — 5. Жуков Ю. П., Горст О. В. Продуктивность культур во второй ротации 4-польного севооборота при расчетных нормах удобрений. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 2, с. 57—62. — 6. Медведева О. П., Слущкая Л. Д., Ширшова Р. А., Лобанова Т. В. Доступность растениям калия почвы и удобрений на разных типах почв в опытах с ⁴⁰K. — Агрохимия, 1983, № 9, с. 29—35. — 7. Останин А. И., Певцова В. Г., Янишевский Ф. В. Использование остаточных и почвенных фосфатов растениями при внесении фосфорных удобрений на тяжелой суглинистой дерново-подзолистой почве. — Агрохимия, 1983, № 7, с. 29—34.

Статья поступила 12 сентября 1984 г.

SUMMARY

Experiments were carried out in 1974—1981 in a four-field experiment. Application of fertilizer rates calculated with the balance method permitted to obtain crop yields equal to or nearly equal to the planned ones as well as to create optimal level of movable nutrient content in the poor soil. Change in fractional composition of mineral phosphates during two rounds of crop rotations is considered as depended on fertilization system.