

УДК 631.811:631.582

## ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР В 4-ПОЛЬНОМ СЕВОБОРОТЕ ПРИ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ, РАССЧИТАННЫХ С ПОМОЩЬЮ БАЛАНСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Ю. П. ЖУКОВ, О. В. ГОРСТ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В последнее время в связи с увеличением производства минеральных удобрений большое внимание уделяется рациональному их применению. При этом особенно важное значение имеет определение оптимальных норм и соотношений органических и минеральных удобрений с учетом биологических особенностей, принятого чередования и плановых урожаев возделываемых культур, почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условий.

Целью наших исследований явилось изучение возможности получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур в севообороте при использовании систем удобрения, рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов при желаемом изменении эффективного плодородия почв [3—7]. Предстояло уточнить параметры, используемые в балансовых расчетах испытываемых систем удобрения, с учетом конкретных почвенно-агротехнических и погодных условий возделывания культур в стационарном полевом опыте, заложенном в 1974 г. в совхозе «Октябрьский» Рузского района Московской области.

В 1978 г. началась 2-я ротация экспериментального 4-польного севооборота (табл. 1): озимая пшеница (Мироновская 808) — картофель (Лорх) — ячмень (Московский 121) с подсевом клевера — клевер красный двуукосный. Почва опытного участка дерново-сильнопodzолистая среднесуглинистая на покровном суглинке, подстилаемом мореной. В конце 1-й ротации, осенью 1977 г., было проведено агрохимическое обследование пахотного горизонта почвы опытного участка: рН<sub>KCl</sub> от 4,6 до 4,8; содержание гумуса по Тюрину — от 2,4 % в контроле до 2,78 % в вариантах с максимальным насыщением навозом и минеральными удобрениями. По обеспеченности подвижными формами фосфатов (по Кирсанову) почвы всех испытываемых вариантов удобрения были отнесены ко II классу (кроме 4-го — III класс). По содержанию обменного калия (по Кирсанову) почва 1, 2 и 4-го вариантов отнесена соответственно к IV, III и VI классам, остальных вариантов — к V классу.

Результаты химических анализов почвенных образцов в конце 1-й ротации севооборота обусловили необходимость известкования всех полей. Под ячменем и картофелем почвы были произвесткованы весной, а под клевером и озимой пшеницей — осенью 1978 г. (5,5 т/га CaCO<sub>3</sub> в виде известняковой муки).

Повторность опыта 4-кратная, расположение делянок рендомизированное. Общая площадь каждой делянки — 200 м<sup>2</sup> (20×10), учетная площадь — 119 м<sup>2</sup> (17×7), защитные полосы в посевах зерновых и клевера — 1,5 м, на картофеле — 2 рядка с длинных сторон делянки и 1,5 м — с коротких.

Т а б л и ц а 1

Системы применения удобрений в полевом 4-польном севообороте во 2-ю ротацию  
(1978—1981 гг.) при расчете доз на I уровень урожая

Планируемый уровень урожая, ц/га	1 (контроль)	Минеральные удобрения, кг д. в. на 1 га в системах								
		2			3			6		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
		Оз. пшеница								
40	10P	40	45	80	0	60	50	40	60	55
		70			55		70			
		Картофель								
200	15N15P15K	85	15	145	30	—	—	85	25	90
		Ячмень с подсевом клевера								
30	10P	80	75	285	30	50	90	80	105	190
		Клевер								
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Плановые балансовые ко- эффициенты, %	—	100	80	100	100	60	150	100	60	150

П р и м е ч а н и е. В 3-й системе удобрения под картофель вносили 40 т навоза на 1 га.

Системы удобрений на 2-ю ротацию севооборота были уточнены с учетом фактической продуктивности культур, полученной в 1-й ротации севооборота, и химических анализов почвы (табл. 1 и 2).

Системы удобрения в уточненной схеме опыта рассчитаны на два уровня планируемых урожаев: 2, 3 и 6-й варианты — на I, а 4-й и

Т а б л и ц а 2

Системы применения удобрений в полевом 4-польном севообороте во 2-ю ротацию  
(1978—1981 гг.) при расчете доз на II уровень урожая

Планируемый уровень урожая, ц/га	1 (контроль)	Минеральные удобрения, кг д. в. на 1 га в системах					
		4			5		
		N	P	K	N	P	K
		Оз. пшеница					
60	10P	0	140	60	60	155	80
		80			100		
		Картофель					
300	15N15P15K	50	—	—	135	65	145
		Ячмень с подсевом клевера					
45	10P	50	210	35	120	250	285
		Клевер					
90	—	—	—	—	—	—	—
Плановые ба- лансовые ко- эффициенты, %	—	100	40	200	100	40	150

П р и м е ч а н и е. В 4-й системе удобрения под картофель вносили 60 т навоза на 1 га.

Урожай товарной (числитель) и нетоварной (знаменатель) продукции  
в 1978—1980 гг. (ц/га)

Год	Система удобрения (вариант)						НСР <sub>05</sub>
	1	2	3	4	5	6	
Картофель							
1978	79	123	123	185	193	108	26
	6,8	8,3	8,9	16,4	15,4	9,9	3,2
1979	112	256	257	287	318	269	24,5
	7,3	11,5	2,2	17,6	17,6	12,5	6,9
1980	98	123	110	120	125	113	9
	7,8	15,8	14,6	17,1	15,4	13,9	0,7
Ячмень с подсевом клевера							
1978	16,0	25,8	21,4	27,0	24,5	23,4	1,1
	11,2	25,7	23,6	37,8	26,9	30,4	1,6
1979	13,6	14,6	15,0	15,9	17,0	14,6	0,7
	19,4	18,4	21,3	22,7	24,2	18,3	3,8
1980	5,2	10,6	7,7	11,0	14,2	14,1	0,3
	6,3	9,3	6,7	10,5	11,1	13,3	2,7
Клевер (сено)							
1978	28,5	41,8	36,1	55,4	50,6	40,6	5,0
	—	—	—	—	—	—	—
1979	17,5	35,6	36,9	45,6	40,3	34,2	1,9
	—	—	—	—	—	—	—
1980	33,7	57,2	77,0	92,7	85,5	74,2	3,4
	—	—	—	—	—	—	—
Оз. пшеница							
1978	20,0	25,0	23,0	28,2	26,8	24,4	3,2
	28,5	37,6	27,9	31,0	24,2	26,8	3,4
1979	16,9	32,3	30,0	32,5	41,1	35,8	2,3
	10,5	20,0	21,4	25,0	27,6	25,6	6,4
1980	18,6	27,4	35,4	46,0	41,9	33,2	3,0
	21,1	28,9	38,5	56,8	46,0	41,5	3,5

Примечание. Ботва картофеля — абсолютно сухая масса.

5-й — на II уровень. Балансовые коэффициенты использования питательных элементов почвы и удобрений в среднем по севообороту по азоту приняты одинаковыми — 100 % для всех систем, по фосфору для систем с наивысшей плановой продуктивностью культур (4-й и 5-й варианты) — минимальные (40 %), а для вариантов (2, 3 и 6-й) со средней продуктивностью культур — 60—80 %. Плановые балансовые коэффициенты использования калия были минимальными только во 2-м варианте (100 %), где в 1-й ротации калийные удобрения не вносили; во всех других вариантах балансовые коэффициенты использования этого элемента (150—200 %) были дефицитные, так как почва по обеспеченности обменным калием после 1-й ротации отнесена к V и VI классам и, следовательно, можно было рассчитывать на значительное использование культурами калия почвы.

Аммиачную селитру, двойной суперфосфат и хлористый калий вносили вручную: фосфорно-калийные удобрения — под зяблевую вспашку, навоз — под перепашку зяби весной, азотные — в предпосевную культивацию. Под озимую пшеницу не менее 70 % общей дозы азота ежегодно вносили в весеннюю подкормку. Фосфорно-калийные удобрения, рассчитанные для клевера, вносили под покровную культуру (ячмень) вместе с «собственными» удобрениями последней. Дозы припосевного удобрения во всех системах были теми же, что и в 1-й.

Посев зерновых проводили сеялкой СЗУ-3,6, посадку картофеля — картофелесажалкой СН-4Б в гребни. Урожай зерновых культур убирали и учитывали прямым комбайнированием СК-5 «Нива», клевера — косилкой Е-801 (2 укоса), картофеля — картофелекопалкой с последующим подбором клубней вручную. Урожай побочной продукции всех культур учитывали выборочным методом. Полученные результаты пересчитывали на стандартную влажность и обрабатывали статистически [2].

Химический состав товарной и нетоварной частей урожаев определяли после озоления по Гинзбруг и др.; азот — микрометодом Кьельдаля; фосфор — по Труогу на ФЭК; калий — на пламенном фотометре. Содержание сырого протеина в зерне колосовых и сене клевера рассчитывали по общему азоту. Крахмал в клубнях картофеля определяли по Эверсу на поляриметре.

Вегетационный период 1978 г. отличался крайне неблагоприятными погодными условиями. С мая по октябрь среднемесячная температура была ниже нормы, осадков за май, июнь и сентябрь выпало почти в 1,5 раза больше нормы. Вследствие этого сильно затянулись сроки сева яровых культур и зерновые плохо вызревали (особенно ячмень, пересейанный вместо вымокших озимых). На картофеле, кроме того, активизировалась фитофтора, в результате фактическая густота стояния растений к концу вегетации уменьшилась в 2 раза. Клевер в этом году был сильно засорен, что, безусловно, сказалось на фактическом урожае, который оказался значительно ниже планируемого.

Несмотря на то что в 1978 г. не были получены планируемые урожаи, все расчетные нормы удобрений обеспечили достоверную прибавку урожаев всех культур севооборота (табл. 3). Системы, рассчитанные на II уровень продуктивности культур, по сравнению с I оказались более эффективными. Причем достоверные различия уровней урожаев в 4-й и 5-й системах в пользу 4-й (навозно-минеральной) наблюдались в этом году только у ячменя с подсевом клевера (табл. 3).

При использовании систем, рассчитанных на I уровень продуктивности культур, урожай ячменя с подсевом клевера во 2-м варианте был достоверно выше, чем в 3-м. По другим культурам севооборота системы, рассчитанные на получение урожая I уровня, достоверно не различались.

В 1979 г. под влиянием расчетных норм удобрений получены достоверные прибавки урожаев всех культур севооборота по сравнению с контролем. Погодные условия 1979 г. оказались особенно неблагоприятными для ячменя, клевера и в меньшей степени — для озимой пшеницы (засуха в апреле — июне; июль, наоборот, был холодным, а осадков выпало в 2 раза больше нормы). В первую очередь это сказалось на ячмене с подсевом клевера: урожай и прибавки его оказались низкими, лучшими были 4-й и 5-й варианты (прибавки 2, 3 и 3,4 т/га соответственно), остальные системы оказались практически равноценными (табл. 3). В связи с засухой ячмень был посеян в сухую почву, долго не всходил (как и подсеянный клевер), и всходы его сильно заглушились сорняками, особенно в вариантах с навозом. Действие азотных удобрений, внесенных весной, практически не проявилось не только на ячмене, но и на озимой пшенице, имевшей

ко времени наступления засухи уже достаточно развитую корневую систему. Весенняя подкормка пшеницы азотом была неэффективной, так как 3-я и 4-я системы, где азот с осени не вносили, обеспечили получение менее высоких прибавок урожаев зерна. Максимальный урожай озимой пшеницы получен при внесении удобрений, рассчитанных по 5-й системе на II планируемый уровень, однако был достигнут лишь I уровень — 41,4 ц/га (прибавка 24,5 ц/га); на втором месте по урожайности озимой пшеницы оказалась 6-я система (прибавка 18,9 ц/га), причем 2-й вариант оказался эквивалентным 4-му. Следует отметить нехарактерное отношение зерна пшеницы к соломе, полученное в этом году: оно колебалось от 1,3 (4-я система) до 1,6 (1-я и 2-я), тогда как в обычные годы в среднем оно было не более 1.

Первый укос клевера пришелся на засушливый период, урожай сена по 1-му укосу оказался даже ниже, чем по 2-му, в результате урожай сена во всех вариантах был заниженный. Наиболее эффективными, как и предполагалось, были 4-я и 5-я системы, причем в первом случае урожай сена был на 5,3 ц/га выше, чем во втором, и на 28,1 ц/га выше, чем в контроле. Из систем, рассчитанных на I уровень урожая, максимальную прибавку обеспечила также навозно-минеральная (3-я) система (19,4 ц/га), тогда как 2-я и 6-я системы оказались равноценными.

Для картофеля погодные условия 1979 г. были достаточно благоприятными. Однако эффективность навоза в 3-й и 4-й системах, видимо, снизилась в связи с засушливым периодом, в результате урожай клубней в этих вариантах оказались ниже, чем в вариантах с эквивалентными нормами минеральных удобрений (табл. 3). Вследствие этого в 5-м и 4-м вариантах получены близкие к плану II уровня достоверно различающиеся урожай клубней. Все остальные системы, рассчитанные на урожай I уровня, дали урожай значительно выше плановых, но различия были недостоверны.

Погодные условия 1980 г. были неблагоприятными для картофеля и зерновых (особенно ячменя), но оптимальными для роста трав. Урожай зерна озимой пшеницы I планового уровня получены при использовании систем, рассчитанных на урожай II уровня (4-я и 5-я), причем в первом случае он был достоверно выше; 3-я и 6-я системы оказались равноценными, а 2-я заметно хуже (табл. 3). Урожай картофеля при использовании 2-й системы оказался на уровне урожая 4-го и 5-го вариантов (наиболее насыщенные удобрениями системы), но прибавки клубней картофеля были незначительные (22—27 ц/га). В указанных вариантах в этом году получено намного больше ботвы, чем в предыдущие годы. Использование 3-й и 6-й систем удобрения оказалось одинаково эффективным, в этих вариантах получены минимальные, но достоверные прибавки урожаев. Ячмень в связи с затянувшимся и влажным весенним периодом был посеян очень поздно и, кроме того, его вскоре сильно заглушил подсеянный клевер, слишком быстро и хорошо развившийся. Урожай ячменя оказались чрезвычайно низкими, но прибавки в результате внесения удобрений были достоверны во всех вариантах (табл. 3). Лучшими и равноценными оказались 5-я и 6-я системы, рассчитанные на разные уровни урожаев. Навозно-минеральные системы — 4-я и 3-я — были хуже минеральных. Максимальное соотношение зерна и соломы отмечено в 5-м варианте (1,3), минимальное — в контроле (0,8). В 1980 г. получены очень хорошие урожай сена горохово-овсяной смеси, посеянной вместо клевера, который осенью 1979 г. запахали. Зеленая масса горохово-овсяной смеси была убрана на 70-й день, и в пересчете на сено получен планируемый урожай II уровня в 4-й системе и значительно выше запланированного I уровня в 3, 5 и 6-й системах. Максимальная прибавка урожая сена составила 59 ц/га (4-й вариант), минимальная — 23,5 ц/га (2-й ва-

Продуктивность севооборота (ц корм. ед. на 1 га) в 1978—1980 гг.  
при разных системах удобрения (в числителе — хозяйственный урожай,  
в знаменателе — выход основной продукции в %)

Год	Система удобрения					
	1	2	3	4	5	6
1978	23,8	35,3	31,8	44,5	41,8	32,8
	82	82	82	82	84	81
1979	22,8	42,0	42,0	47,5	52,5	44,3
	86	90	89	88	89	89
1980	21,8	32,5	35,8	44,3	41,8	37,5
	87	86	87	86	87	86
В среднем	22,8	36,5	36,5	45,4	45,4	38,2
	85	86	86	85	87	85

риант); 3-я и 6-я системы оказались одинаково эффективными, а 4-я — эффективнее 5-й (табл. 3).

В среднем за 3 года под влиянием расчетных норм удобрений получены достоверные прибавки урожаев всех культур, однако запланированные урожаи I уровня удалось получить только по картофелю и травам при использовании систем, рассчитанных на II уровень продуктивности (4-й и 5-й варианты).

Средние за 3 года урожаи картофеля при системах, рассчитанных на I уровень продуктивности (200 ц/га), обеспечивали 80—81 % плана и почти вдвое превышали урожаи, полученные в 1-м варианте при внесении только припосевного удобрения.

Средние урожаи зерна ячменя во всех вариантах (кроме 3-го) практически были одинаковыми и, хотя существенно превышали таковые в системе с припосевным удобрением (1-й вариант), составляли только 60 % I планируемого уровня.

Средние урожаи сена клевера при использовании систем, рассчитанных на I уровень урожайности (60 ц/га), составляли 75—83 % плана и почти вдвое превышали таковые в контроле.

Средние урожаи зерна пшеницы в системах, рассчитанных на I (40 ц/га) и II (60 ц/га) уровни урожайности, составляли соответственно 70—78 и 59—60 % плана, причем системы удобрения, рассчитанные на разную продуктивность пшеницы, обеспечивали существенное различие в урожаях — 5—10 ц/га.

Для более полной оценки испытывавшихся систем удобрений в севообороте представлялось целесообразным рассчитать продуктивность возделывавшихся культур в кормовых единицах (табл. 4).

Наибольший сбор кормовых единиц в 1978 и 1980 г. получен при использовании 4-й системы (навозно-минеральной), а в 1979 г. — 5-й (минеральной). В среднем за 3 года сбор кормовых единиц в этих вариантах был одинаковым, хотя выход основной продукции в 5-м варианте был постоянно несколько выше, чем в 4-м. Из систем, рассчитанных на I уровень продуктивности, в 1978 г. лучшей оказалась 2-я, в 1979 г. она не отличалась от 3-й и была хуже 6-й, а в 1980 г. хуже 3-й и тем более 6-й. В среднем за 3 года 2-я и 3-я системы по сбору кормовых единиц и относительному выходу основной продукции оказались равноценными, а по общей продуктивности они были несколько хуже 6-й системы.

Под влиянием удобрений в товарной и нетоварной продукции всех культур севооборота, кроме клевера, как правило, повысилось отно-

Т а б л и ц а 5

Содержание питательных элементов (% на воздушно-сухое вещество)  
в основной (числитель) и побочной (знаменатель) продукции

Система удобрения	Ячмень	Оз. пше- ница	Картофель		Ячмень с подсе- вом клевера		Клевер (сено)	
	1978	1979	1978	1979	1978	1979	1978	1979
Азот								
1	$\frac{1,58}{0,42}$	$\frac{1,72}{0,74}$	$\frac{1,66}{2,40}$	$\frac{1,32}{0,92}$	$\frac{1,68}{0,40}$	$\frac{2,04}{1,27}$	2,61	2,72
2	$\frac{1,81}{0,45}$	$\frac{2,10}{0,97}$	$\frac{2,32}{2,53}$	$\frac{1,51}{1,80}$	$\frac{1,82}{0,47}$	$\frac{2,41}{1,44}$	2,86	2,56
3	$\frac{1,60}{0,50}$	$\frac{2,07}{1,18}$	$\frac{1,89}{2,48}$	$\frac{1,44}{2,02}$	$\frac{1,76}{0,49}$	$\frac{2,38}{1,48}$	2,84	2,43
4	$\frac{1,76}{0,46}$	$\frac{2,20}{1,22}$	$\frac{1,91}{2,96}$	$\frac{1,50}{2,07}$	$\frac{1,95}{0,41}$	$\frac{2,45}{1,24}$	2,89	2,82
5	$\frac{1,78}{0,47}$	$\frac{2,35}{1,12}$	$\frac{2,34}{2,74}$	$\frac{1,43}{2,04}$	$\frac{1,84}{0,42}$	$\frac{2,41}{1,28}$	2,71	2,65
6	$\frac{1,80}{0,44}$	$\frac{2,12}{0,86}$	$\frac{2,30}{2,05}$	$\frac{1,49}{1,93}$	$\frac{1,82}{0,44}$	$\frac{2,42}{1,29}$	2,68	2,67
Фосфор								
1	$\frac{0,93}{0,42}$	$\frac{1,29}{0,20}$	$\frac{0,46}{0,38}$	$\frac{0,34}{0,49}$	$\frac{0,89}{0,41}$	$\frac{1,39}{0,51}$	0,41	0,67
2	$\frac{1,04}{0,29}$	$\frac{1,01}{0,22}$	$\frac{0,48}{0,38}$	$\frac{0,38}{0,52}$	$\frac{0,90}{0,43}$	$\frac{1,35}{0,42}$	0,46	0,63
3	$\frac{0,99}{0,31}$	$\frac{0,98}{0,19}$	$\frac{0,40}{0,35}$	$\frac{0,36}{0,79}$	$\frac{0,95}{0,47}$	$\frac{1,38}{0,48}$	0,48	0,82
4	$\frac{1,05}{0,41}$	$\frac{1,09}{0,21}$	$\frac{0,40}{0,37}$	$\frac{0,29}{0,56}$	$\frac{0,99}{0,44}$	$\frac{1,42}{0,60}$	0,48	0,80
5	$\frac{1,09}{0,40}$	$\frac{1,00}{0,20}$	$\frac{0,50}{0,41}$	$\frac{0,31}{0,50}$	$\frac{0,98}{0,46}$	$\frac{1,40}{0,53}$	0,50	0,87
6	$\frac{1,08}{0,30}$	$\frac{0,94}{0,18}$	$\frac{0,48}{0,37}$	$\frac{0,46}{0,51}$	$\frac{0,96}{0,48}$	$\frac{1,45}{0,56}$	0,42	0,71
Калий								
1	$\frac{0,63}{0,91}$	$\frac{0,67}{0,77}$	$\frac{1,71}{0,67}$	$\frac{1,86}{1,29}$	$\frac{0,71}{0,98}$	$\frac{0,84}{1,54}$	2,44	1,35
2	$\frac{0,68}{0,96}$	$\frac{0,60}{0,64}$	$\frac{2,05}{1,65}$	$\frac{2,61}{2,17}$	$\frac{0,76}{2,43}$	$\frac{1,05}{1,99}$	2,88	2,41
3	$\frac{0,70}{1,39}$	$\frac{0,59}{0,64}$	$\frac{2,51}{1,29}$	$\frac{2,48}{2,00}$	$\frac{0,74}{1,40}$	$\frac{0,90}{2,21}$	3,38	2,80
4	$\frac{0,74}{2,02}$	$\frac{0,83}{0,96}$	$\frac{2,28}{0,80}$	$\frac{2,82}{2,25}$	$\frac{0,78}{1,68}$	$\frac{0,92}{2,26}$	3,54	2,64
5	$\frac{0,77}{1,99}$	$\frac{0,66}{0,78}$	$\frac{2,37}{1,69}$	$\frac{2,63}{1,85}$	$\frac{0,73}{1,71}$	$\frac{0,87}{2,67}$	3,41	2,94
6	$\frac{0,69}{1,92}$	$\frac{0,70}{0,58}$	$\frac{2,74}{1,62}$	$\frac{2,56}{1,85}$	$\frac{0,69}{1,38}$	$\frac{0,94}{2,08}$	3,27	2,83

сительное содержание азота и калия (табл. 5). Четкой зависимости между относительным содержанием фосфора в товарной и нетоварной продукции культур и нормами удобрений не обнаружено (табл. 5).

Под влиянием удобрений, как правило, возрастало относительное

Т а б л и ц а 6

Содержание сырого белка и крахмала (в числителе, %) и сбор их с урожаями культур севооборота (в знаменателе, ц/га)

Система удобрения	Сырой белок		Крахмал в клубнях картофеля		Сырой белок			
	ячмень	оз. пшеница	1978	1979	ячмень с подсевом клевера		клевер (сено)	
					1978	1979	1978	1979
	1978	1979						
1	$\frac{9,0}{1,80}$	$\frac{9,8}{1,66}$	$\frac{15,1}{11,9}$	$\frac{17,9}{20,1}$	$\frac{9,6}{1,53}$	$\frac{11,6}{1,58}$	$\frac{16,3}{4,65}$	$\frac{17,0}{2,98}$
2	$\frac{10,3}{2,58}$	$\frac{12,0}{4,26}$	$\frac{14,3}{17,6}$	$\frac{16,1}{41,2}$	$\frac{10,4}{2,68}$	$\frac{13,7}{2,01}$	$\frac{17,9}{7,47}$	$\frac{16,0}{5,70}$
3	$\frac{9,1}{2,10}$	$\frac{11,8}{3,54}$	$\frac{14,1}{17,3}$	$\frac{15,4}{39,6}$	$\frac{10,0}{2,15}$	$\frac{13,6}{2,02}$	$\frac{17,8}{6,41}$	$\frac{15,2}{5,61}$
4	$\frac{10,0}{2,83}$	$\frac{12,5}{4,08}$	$\frac{13,8}{25,5}$	$\frac{14,8}{42,5}$	$\frac{11,3}{3,05}$	$\frac{14,0}{2,22}$	$\frac{18,1}{10,0}$	$\frac{17,6}{8,03}$
5	$\frac{10,1}{2,72}$	$\frac{13,4}{5,55}$	$\frac{14,0}{27,0}$	$\frac{15,0}{47,7}$	$\frac{10,5}{2,57}$	$\frac{13,7}{2,33}$	$\frac{16,9}{8,57}$	$\frac{16,6}{6,69}$
6	$\frac{10,3}{2,50}$	$\frac{12,1}{3,90}$	$\frac{14,7}{15,9}$	$\frac{16,6}{44,7}$	$\frac{10,4}{2,43}$	$\frac{13,8}{2,01}$	$\frac{16,8}{6,80}$	$\frac{16,7}{5,71}$

содержание сырого белка в зерне колосовых (максимум наблюдался в 4-м варианте, кроме ячменя 1978 г.) и несколько уменьшалось содержание крахмала в клубнях картофеля (табл. 6). Содержание сырого белка в сене клевера в 1978 г. при использовании всех расчетных

Т а б л и ц а 7

Затраты питательных элементов (кг) на 10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции у культур севооборота (в числителе — 1978 г., в знаменателе — 1979 г.)

Система удобрения	Оз. пшеница (в 1978 г. — ячмень)			Картофель (100 ц)			Ячмень с подсевом клевера			Клевер (сено)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	$\frac{22}{22}$	$\frac{15}{14}$	$\frac{19}{11}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{14}{12}$	$\frac{45}{53}$	$\frac{20}{38}$	$\frac{12}{21}$	$\frac{14}{30}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{24}{14}$
2	$\frac{24}{27}$	$\frac{15}{11}$	$\frac{21}{10}$	$\frac{74}{45}$	$\frac{14}{12}$	$\frac{61}{73}$	$\frac{23}{42}$	$\frac{13}{19}$	$\frac{22}{36}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{29}{24}$
3	$\frac{22}{29}$	$\frac{14}{11}$	$\frac{24}{11}$	$\frac{67}{46}$	$\frac{13}{13}$	$\frac{72}{72}$	$\frac{23}{44}$	$\frac{15}{21}$	$\frac{23}{41}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{34}{28}$
4	$\frac{23}{31}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{26}{16}$	$\frac{78}{50}$	$\frac{14}{11}$	$\frac{65}{83}$	$\frac{25}{42}$	$\frac{16}{23}$	$\frac{31}{41}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{35}{26}$
5	$\frac{22}{31}$	$\frac{15}{11}$	$\frac{26}{12}$	$\frac{74}{48}$	$\frac{16}{11}$	$\frac{73}{76}$	$\frac{23}{42}$	$\frac{15}{22}$	$\frac{26}{47}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{34}{29}$
6	$\frac{23}{27}$	$\frac{14}{11}$	$\frac{28}{11}$	$\frac{77}{45}$	$\frac{15}{14}$	$\frac{83}{70}$	$\frac{24}{40}$	$\frac{16}{22}$	$\frac{25}{35}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{33}{28}$
По плану	27	11	20	50	11	80	25	13	25	10	5	35

\* 0,3 действительного выноса.



Таблица 8

Вынос и балансовые коэффициенты использования питательных элементов ( $K_B$ ) культурами в 1978 и 1979 гг. (в числителе — вынесено культурами, в знаменателе — внесено с удобрениями, кг/га)

Культура	Система удобрения														
	2			3			4			5			6		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1978 г.															
Ячмень вместо оз. пшеницы	61	37	53	51	31	55	64	42	84	59	39	70	56	34	68
	110	55	80	55	70	50	80	150	60	160	165	80	110	70	55
$K_B$															
Картофель	56	67	66	93	45	110	80	28	140	37	24	87	51	49	124
	92	18	75	82	16	88	144	25	120	144	31	140	83	17	89
	100	30	160	205	95	215	305	135	315	150	80	160	100	40	105
$K_B$															
Ячмень с подсевом клевера+клевер	92	60	47	40	17	41	47	19	38	96	39	88	83	43	85
	59	54	177	49	49	171	68	70	281	57	62	236	56	54	191
	80	85	285	30	60	90	50	220	35	120	260	285	80	115	190
$K_B$															
Всего	74	64	62	163	82	190	136	32	803	48	24	83	70	47	101
	212	109	305	182	96	314	276	137	485	460	132	446	195	105	348
	290	170	525	290	225	350	435	505	410	430	505	525	290	225	350
$K_B$ по севообороту															
	73	64	58	63	42	90	63	27	118	60	26	85	67	47	99
1979 г.															
Оз. пшеница	97	41	36	87	34	32	102	41	51	128	47	49	88	35	36
	110	55	80	55	70	50	80	150	60	160	165	80	110	70	55
$K_B$															
Картофель	88	75	45	158	48	79	128	27	85	80	28	61	80	49	65
	116	30	188	120	34	185	145	31	239	152	34	240	122	37	189
	100	30	160	205	95	215	305	135	315	150	80	160	100	40	105
$K_B$															
Ячмень с подсевом клевера+клевер	116	100	118	58	36	86	48	23	76	101	42	150	122	91	180
	62	50	138	65	61	164	67	73	186	72	72	198	59	56	149
	80	85	285	30	60	90	50	220	35	120	260	285	80	115	190
$K_B$															
Всего	78	59	48	217	101	182	134	33	531	60	28	69	74	49	48
	275	121	362	272	129	381	314	145	476	352	153	487	269	128	374
	290	170	525	290	225	350	435	505	410	430	505	525	290	225	350
$K_B$ по севообороту															
	95	71	69	94	57	109	72	29	116	82	30	93	93	57	107
$K_B$ в среднем за 2 года															
	84	68	64	79	50	100	68	28	117	71	33	89	80	52	103
$K_B$ плановые															
	100	80	100	100	60	150	100	40	200	100	40	150	100	60	150

систем удобрения было выше, чем в контроле, а в 1979 г. — ниже (за исключением 4-й системы). Качество основной продукции культур (кроме сена клевера) было лучшим в 1979 г., а лучшей системой в этом отношении для всех культур (не считая картофеля) оказалась 4-я. Содержание крахмала в клубнях картофеля во всех вариантах снижалось, особенно при использовании органо-минеральных удобрений, из минеральных систем худшей была 5-я. Сбор белка и крахмала увеличивался соответственно повышению урожая культур (табл. 6).

Данные о затратах питательных элементов на создание единицы товарной и соответствующего количества побочной продукции при внесении расчетных норм удобрений приведены в табл. 7.

Под влиянием удобрений у озимой пшеницы в 1978 г. незначительно, а в 1979 г. существенно возрастали затраты азота, не изменялись (1978 г.) или заметно снижались затраты фосфора, заметно повышались (1978 г.) или практически не изменялись (за исключением 4-го варианта) затраты калия на 10 ц зерна и соответствующее количество соломы. С ростом обеспеченности культуры удобрениями (4-я и 5-я системы), как правило, возрастали и затраты питательных элементов на единицу продукции (табл. 7).

У картофеля затраты азота и калия на единицу продукции под влиянием удобрений в оба года повышались, фосфора — незначительно снижались или увеличивались в зависимости от уровня питания.

У ячменя с подсевом клевера затраты всех элементов питания (кроме фосфора в 2-м варианте в 1979 г.) в испытывавшихся системах возрастали.

У клевера под влиянием удобрений заметно повышалось использование калия на 10 ц сена, слабо или вообще не изменялось потребление фосфора и практически не изменялось потребление азота (табл. 7).

Наиболее близкими к плановым оказались затраты азота и фосфора в вариантах с удобрениями в 1979 г. у озимой пшеницы и картофеля. У ячменя с подсевом клевера и у клевера затраты элементов питания были ближе к плановым в 1978 г., наиболее благоприятном по погодным условиям для этих культур.

Для оценки степени использования культурами питательных элементов из удобрений и почвы при испытывавшихся системах удобрения мы рассчитали коэффициенты их использования балансовым методом, т. е. как процентное отношение вынесенных хозяйственным урожаем элементов к их количеству, внесенному с удобрениями (табл. 8).

Результаты расчетов показали (табл. 8), что значения фактических балансовых коэффициентов прямо пропорциональны выносу культурами питательных элементов. Недобор урожаев у отдельных культур севооборота, вызванный неблагоприятными погодными условиями, следовательно, и потребления элементов у одних культур выравнивается за счет плановых показателей других культур. Так, в 1979 г. полученные планируемые урожаи картофеля при использовании всех систем удобрения и балансовые коэффициенты соответственно совпадали с плановыми, что сказалось и на коэффициентах в целом по севообороту. Последние оказались выше, чем в неурожайном 1978 г., но ниже плановых из-за более низких урожаев ячменя и сена клевера в 1979 г. по сравнению с 1978 г.

Более низкие, чем плановые, фактические балансовые коэффициенты использования удобрений в 1978 и 1979 гг. свидетельствуют о том, что получение высоких урожаев всех культур севооборота в эти годы лимитировалось не недостатком удобрений, а неблагоприятными погодными условиями.

## Заключение

Применение расчетных норм удобрений в испытывавшихся балансовых системах 4-польного севооборота, несмотря на неблагоприятные погодные условия, позволило получать плановые или близкие к ним урожаи некоторых культур в отдельные годы: озимой пшеницы и картофеля в 1979 г. и озимой пшеницы и сена однолетних трав в 1980 г.

Средние за три года урожай всех культур при внесении расчетных норм удобрений даже в неблагоприятные по погодным условиям годы были в 1,5—2 раза выше, чем в контроле (припосевное удобрение). Как правило, наибольшие прибавки урожаев получены при использовании систем, рассчитанных на II уровень продуктивности культур, — 4-я и 5-я, причем навозно-минеральная система (4-я) заметно превосходила минеральную (5-я) только по сбору трав. На других культурах в среднем за 3 года эти системы по своему действию оказались равноценными. Из систем, рассчитанных на I уровень продуктивности культур, в среднем за 3 года для ячменя лучшими оказались минеральные (2-я и 6-я), для трав — навозно-минеральная (3-я) и 6-я системы, для картофеля и озимой пшеницы все системы были равноценны.

Фактические балансовые коэффициенты использования питательных элементов из удобрений были наиболее близки к плановым в тех системах и у тех культур, фактические урожаи которых оказались равными или близкими к плановым.

Полученные результаты позволяют рекомендовать балансовые коэффициенты использования удобрений для определения оптимальных их норм под отдельные культуры и в севооборотах в полевых и производственных опытах с целью уточнения используемых параметров в конкретных почвенно-климатических условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агрометеобюллетень по Московской области (Можайский метеопост, 1978—1980 гг.). — 2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1968. — 3. Жуков Ю. П. Эффективность балансовых систем удобрения в полевом севообороте. Тез. докл. региональн. совещания «Итоги работы географ. сети с удобрениями и пути повышения эффективного применения удобрений в Нечерноземной зоне». (Горький, 19—21 июля 1977 г.). М.: ВИУА, 1977, с. 23—24. — 4. Жуков Ю. П., Глухов Н. И. Определение оптимальных доз и соотношений удобрений с учетом использования пита-

тельных элементов из удобрений и почвы. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 4, с. 68—76. — 5. Жуков Ю. П., Загоняйко Л. И. Продуктивность овощного севооборота при использовании систем удобрения, рассчитанных балансовым методом. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 4, с. 120—125. — 6. Жуков Ю. П., Комков В. П. Продуктивность культур полевого севооборота при системе удобрения, рассчитанной балансовым методом. — Изв. ТСХА, 1981, вып. 1, с. 15—23. — 7. Лигум С. Т. Балансовый коэффициент использования растениями питательных веществ из удобрения и почвы и его применение. — Агрохимия, 1977, № 5, с. 128—133.

*Статья поступила 15 октября 1981 г.*

## SUMMARY

The aim of the research was the experimental verification and specification of the parameters used in balance calculations of the tester fertilization systems under desirable change in the efficient soil fertility (an experimental plot of the state farm "Oktyabrsky", Ruzsky district, Moscow region). The data on the yielding capacity of crops and their productivity in feed units for 3 years of the second crop rotation, the data for two yeards on the chemical composition and quality of produce, and on removal of nutrients by the unit of marketable product with the corresponding amount of the by-product, balance coefficients of utilization of nutrients by crops are presented in the paper.