

УДК 631.811:631.582

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ, РАССЧИТАННОЙ С ПОМОЩЬЮ БАЛАНСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ, ЗА ДВЕ РОТАЦИИ СЕВООБОРОТОВ

Ю. П. ЖУКОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Излагаются обобщенные результаты экспериментальной проверки возможности получения плановых урожаев культур в двух севооборотах за две ротации на разных по эффективному плодородию дерново-подзолистых почвах Подмосковья. Применяемые при этом системы удобрения рассчитывали с помощью балансовых коэффициентов, системы удобрений сочетались с принятыми в практике гербицидами и ретардантами.

Известно, что при расчетах норм удобрений балансовыми методами применяют разностные коэффициенты использования удобрений и коэффициенты использования питательных элементов из почвы. Значения всех этих коэффициентов очень сильно меняются в зависимости от культуры, уровня урожая, почвенно-климатических, агротехнических и других условий возделывания, а значения коэффициентов использования удобрений — еще и от того, как они рассчитаны:

по разнице между удобренным вариантом и контролем (без удобрений) или между удобренными вариантами с тройной и парной комбинациями удобрений. Кроме этого, разностные коэффициенты использования удобрений на плодородных почвах оказываются меньше, чем на бедных, следовательно, они часто не отражают действительного потребления питательных элементов культурами и совершенно не связаны с балансом питательных элементов. В этом случае для прогноза изменения плодородия почв нужны дополнительные расчеты возможного баланса питательных элементов в системе почва — растение — удобрение.

В связи с указанным мы при определении норм удобрений под отдельные культуры и в севооборотах брали не разностные коэффициенты использования удобрений (K_p), а балансовые (K_b), которые аккумулируют в себе использование элементов питания растениями и из почв, и из удобрений. Принципиальные различия между этими коэффициентами видны из формул их расчета:

$$K_b = \frac{V_y}{H} \cdot 100; \quad K_p = \frac{(V_y - V_0)}{H} \cdot 100,$$

где V_y и V_0 — вынос элемента с урожаем соответственно в удобренном и контрольном вариантах; H — норма удобрения.

Как видно из приведенных формул, балансовый коэффициент на более плодородной почве будет всегда выше, чем на бедной, так как урожай любой культуры и вынос питательных элементов с ним на плодородной почве при прочих равных условиях всегда выше. Применение балансовых коэффициентов является и способом контроля за охраной окружающей среды, позволяющим прогнозировать изменение плодородия почв, так как желаемый баланс заложен в этих коэффициентах. Если балансовый коэффициент равен 100 %, баланс нулевой; если меньше или больше 100 %, то он соответственно положительный или отрицательный, причем настолько, насколько коэффициент отличается от 100.

С помощью балансовых коэффициентов нами были рассчитаны системы применения удобрений для двух севооборотов на разных по плодородию дерново-подзолистых почвах Подмосковья с целью получения

планируемых урожаев возделываемых культур при одновременном регулировании плодородия почв и проведены их экспериментальные испытания в сочетании с принятыми на практике гербицидами и ретардантами [1—12]. В данном сообщении излагаются обобщенные результаты их испытаний за две ротации по двум севооборотам.

Влияние расчетных систем удобрения на продуктивность культур в севообороте и агрохимические показатели бедной дерново-подзолистой почвы

Несмотря на неблагоприятные погодные условия в ряде лет в период проведения эксперимента, о чем можно судить по колебаниям урожайности культур (табл. 1), под влиянием расчетных систем удобрения удалось резко поднять урожайность всех возделываемых культур на бедной дерново-подзолистой почве в совхозе «Октябрьский» Рузского района Московской области.

Урожайность озимой пшеницы в 1-ю ротацию превысила первый плановый уровень по всем системам, а во 2-ю — только при системах

Таблица 1

Урожайность культур (ц/га) и продуктивность севооборота [ц корм, ед/га в 1-ю (в числителе) и 2-ю (в знаменателе)] ротации при расчетных системах удобрения

Урожайность	Озимая пшеница	Картофель	Ячмень	Клевер	Продуктивность севооборота
1. Припосевное удобрение — 15N35P в 1-й ротации, 15N35P15K — во 2-й					
	25,0 (9,8—32,7)	118 (77—189)	12,5 (8,6—18,6)	57,0 (48,8—61,2)	26,0
	21,1 (16,9—27,7)	98 (79—112)	12,4 (5,2—16,0)	27,1 (17,5—33,7)	23,8
2. Минеральная система — 335N270P и 290N170P525K					
Плановая	$\frac{30}{40}$	$\frac{150}{200}$	$\frac{25}{30}$	$\frac{50}{60}$	$\frac{32,0}{50,6}$
Фактическая	31,7 (14,7—41,1) 31,0 (27,4—33,2)	161 (121—242) 173 (123—256)	19,4 (11,7—26,7) 18,0 (10,6—25,8)	61,5 (54,4—67,9) 42,3 (34,5—57,2)	34,0 38,0
3. Навозоминеральная система — 395N250P465K и 320N225P395K					
Плановая	$\frac{30}{40}$	$\frac{200}{200}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{40}{60}$	$\frac{36,5}{50,6}$
Фактическая	35,8 (15,8—47,6) 36,1 (30,0—43,0)	170 (126—260) 175 (110—257)	20,8 (12,3—27,2) 16,3 (7,7—21,4)	60,6 (55,7—64,9) 47,8 (36,1—77,0)	36,2 38,6
4. Навозоминеральная система — 755N510P915K и 435N505P470K					
Плановая	$\frac{50}{60}$	$\frac{300}{300}$	$\frac{45}{45}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{60,0}{76,0}$
Фактическая	37,8 (20,7—52,8) 46,6 (32,5—61,2)	182 (122—288) 225 (120—308)	21,6 (11,1—28,9) 20,2 (11,0—27,0)	67,5 (66,0—68,2) 63,4 (45,6—92,7)	38,6 49,7
5. Минеральная система — 365N295P445K и 430N505P470K					
Плановая	$\frac{30}{60}$	$\frac{200}{300}$	$\frac{30}{45}$	$\frac{40}{90}$	$\frac{36,5}{76,0}$
Фактическая	36,6 (16,3—48,6) 47,8 (41,1—60,4)	166 (118—267) 237 (125—318)	21,6 (12,8—27,9) 21,6 (14,2—31,7)	65,9 (63,7—69,3) 59,4 (40,3—85,5)	36,9 50,0
6. Минеральная система — 295N225P325K и 290N225P350K					
Плановая	$\frac{30}{40}$	$\frac{200}{200}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{40}{60}$	$\frac{36,5}{50,6}$
Фактическая	34,3 (15,0—44,4) 43,2 (33,2—60,5)	170 (118—261) 182 (108—269)	20,6 (10,4—28,6) 19,3 (14,1—24,9)	65,6 (64,2—66,8) 47,8 (34,2—74,2)	36,2 41,9

Примечания. 1. В скобках — колебания урожайности. 2. В системах 3 и 4 под картофель вносили соответственно 40 и 60 т навоза на 1 га.

Содержание (%) сырого белка в зерне пшеницы и ячменя, в сене клевера, крахмала — в клубнях картофеля и сбор их с урожаями (ц/га) в 1-ю (в числителе) и 2-ю (в знаменателе) ротации

Система удобрения	Оз. пшеница		Картофель		Ячмень		Клевер	
	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га
1	10,2	2,5	16,9*	21,7*	10,4	1,2	17,7*	10,0*
	9,9	2,1	16,2	15,8	11,3	1,4	14,9	4,0
2	11,4	3,5	16,5*	28,2*	13,0	2,5	16,7*	10,4*
	11,6	3,9	13,7	24,5	12,6	2,2	14,5	6,0
3	10,8	3,8	15,5*	28,9	11,4	2,4	16,6*	10,1*
	11,6	4,2	15,2	26,9	12,4	2,0	14,8	6,9
4	12,6	4,7	13,9*	28,5*	12,8	2,7	16,6*	11,2*
	11,5	5,3	13,3	31,2	13,5	2,7	16,8	10,4
5	10,5	3,8	14,6*	26,4*	12,4	2,6	16,5*	10,9*
	12,0	5,8	13,9*	36,0*	12,8	2,8	15,5	8,8
6	10,5	3,5	14,8*	29,7*	12,1	2,4	16,4*	10,8*
	11,5	4,9	14,9	27,6	13,0	2,5	15,5	7,3
НСР ₀₅	0,9	—	2,0	—	1,4	—	—	—
	1,2	—	2,1	—	1,5	—	—	—

* Среднее за 3 года.

4—6. Второй плановый уровень ее получен в благоприятные годы (1977, 1981) при системах 3—6 и только в сочетании их с обработками хлорхолинхлоридом (ССС) и 2,4-Д.

Фактическая урожайность картофеля в 1-ю и 2-ю ротации в среднем составила соответственно 83—85 и 86—91 % первого планового уровня и 61—75 % второго. В благоприятные по погодным условиям годы (1975, 1979, 1981) значительно перекрывался не только первый, но и второй плановый уровень урожайности.

Средняя урожайность клевера в 1-ю ротацию существенно превышала первый и приближалась ко второму плановому уровню, но во 2-ю ротацию она резко снизилась при всех системах удобрения, кроме 4-й и 5-й, и составила 70—80 % первого планового уровня и 66—70 % второго (плановые уровни во 2-ю ротацию были значительно увеличены). Следует подчеркнуть, что клевер в 1-ю ротацию севооборота практически не реагировал на увеличение (с 30 до 90 кг/га) норм азотных подкормок, поэтому во 2-ю ротацию под него азотные удобрения не вносили.

Средняя урожайность ячменя значительно возрастала под влиянием удобрений (на 7—9 ц/га), однако оставалась ниже плановых уровней и только в благоприятные годы (1974, 1977, 1978, 1981) приближалась к первому плановому уровню.

Средняя продуктивность севооборота (табл. 1) в 1-ю ротацию соответствовала первому плановому уровню и достигла 64 % второго. Во 2-ю ротацию продуктивность севооборота под влиянием удобрений заметно, а при системах 4 и 5 очень возросла, однако составила только 76—80 % первого уровня и 63 % второго, так как плановые показатели существенно повысились.

Изучавшиеся системы оказывали влияние на основные показатели качества продукции возделывавшихся культур (табл. 2). В зерне озимой пшеницы и ячменя под влиянием удобрений во все годы исследований содержание сырого белка достоверно возрастало или имело тенденцию к увеличению, поэтому сбор белка с урожаями заметно увеличивался, причем наиболее значительно при системах с максимальными нормами удобрений.

Содержание крахмала в клубнях картофеля под влиянием удобре-

Фактические и плановые значения балансовых коэффициентов (%)
использования удобрений в севообороте в 1-ю (в числителе)
и 2-ю (в знаменателе) ротации

Система удобре- ния	Балансовые коэффициенты					
	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	факт.	план.	факт.	план.	факт.	план.
2	95	85	42	38	—	—
	89	100	70	80	67	100
3	79	82	46	46	108	95
	88	100	57	60	109	150
4	52	81	27	45	72	92
	79	100	34	40	123	200
5	90	88	40	39	114	91
	79	100	33	40	95	150
6	99	109	50	51	138	128
	96	100	57	60	112	150

ний в течение двух ротаций достоверно снижалось или имело тенденцию к снижению, однако сбор его с урожаями увеличивался пропорционально росту урожаяев.

Содержание сырого белка в сене клевера под влиянием удобрений не изменялось в 1-ю ротацию и имело тенденцию к увеличению во 2-ю.

Достоверные различия в содержании азота и калия в основной и побочной продукции обнаруживались, как правило, при значительной разнице в нормах соответствующих удобрений. Вместе с этим содержание калия в зерне пшеницы и ячменя, азота в клеверном сене и фосфора в товарной и побочной продукции всех культур в среднем за две ротации севооборота практически не зависело от изменявшихся норм соответствующих удобрений.

Расчеты за две ротации севооборота показали, что при системах, обеспечивающих плановую или близкую к плановой продуктивность севооборота (2, 3, 5, 6), фактические коэффициенты использования азотных и фосфорных удобрений были близкими или равными плановым, калийных — в 1-й ротации на 11—22% выше, а во 2-й — на 30—35% ниже плановой (табл. 3).

По системам второго планового уровня продуктивности фактические значения коэффициентов оказались на 20—35% ниже плановых в результате более низкой по сравнению с плановой продуктивностью культур севооборота.

После 1-й ротации севооборота содержание подвижного фосфора в почве почти удвоилось при системе удобрения 4, а при других системах наблюдалась только тенденция к его увеличению (табл. 4). Содержание обменного калия в почве, как и предполагалось, также более значительно возросло при системе 4. Несмотря на отрицательный баланс калия при системах 3, 5 и 6, содержание обменного калия в почве этих вариантов было выше, чем в исходной. Даже при системе 2, в которой не предусматривалось внесение калийных удобрений и ежегодный дефицит калия составлял 94 кг/га, содержание обменного калия в почве, как и в контрольном варианте, осталось на исходном уровне. Отсюда следует чрезвычайно важный вывод, что на среднеобеспеченных калием дерново-подзолистых почвах можно в течение ряда лет* получать довольно высокие урожаи сельскохозяйственных культур при недостатке калийных удобрений, так как внесение азотно-фосфорных удобрений резко повышает мобилизацию почвенного калия.

По окончании 2-й ротации севооборота обеспеченность почвы фосфором и калием изменилась (табл. 4) в соответствии с фактическими балансовыми коэффициентами (табл. 3). Максимальное увеличение

Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы севооборота

Система удобрения	pH _{сол}	N _г	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
		мэkv/100 г		мг/100 г		
Перед закладкой опыта						
—	4,7	4,0	15,0	2,8	9,4	2,40
В конце 1-й (числитель) и 2-й (знаменатель) ротаций севооборота						
1	4,8	3,1	16,3	2,8	13,6	2,41
	4,7	3,2	15,9	3,3	8,5	2,27
2	4,8	2,8	16,8	3,6	10,5	2,46
	4,9	2,8	16,3	6,2	12,6	2,37
3	4,6	3,4	16,4	3,5	17,5	2,63
	4,8	3,0	16,3	6,0	14,0	2,56
4	4,6	3,9	15,4	5,2	28,0	2,70
	4,9	3,0	16,3	12,3	19,3	2,62
5	4,6	3,7	16,1	3,6	20,5	2,56
	4,6	2,9	15,8	11,1	18,0	2,44
6	4,7	2,9	17,5	3,3	18,1	2,31
	4,6	2,9	16,2	6,9	14,3	2,39
НСР ₀₅	—	0,8	—	1,4	6,1	—
		—		1,3	3,4	

обеспеченности почвы фосфором произошло при системах 4 и 5, по другим системам оно было примерно вдвое меньше. Для увеличения обеспеченности почвы фосфором на 1 мг в расчете на 100 г в среднем за две ротации севооборота по всем системам удобрения требовалось 70 кг P₂O₅ сверх выноса его культурами. Содержание обменного калия в почве увеличилось при системе 2 и уменьшилось по всем, кроме 5-й, системам в соответствии с балансовыми коэффициентами во 2-ю ротацию. По другим показателям существенных изменений не установлено в подавляющем большинстве случаев.

Таким образом, 8-летние исследования показали реальную возможность получения плановой или близкой к плановой продуктивности севооборота — 36—42 ц корм. ед. с 1 га — при одновременном изменении обеспеченности бедной дерново-подзолистой почвы подвижными питательными элементами в желаемом направлении. Принципиально доказана возможность получения урожая 2-го планового уровня для трех из четырех культур севооборота в благоприятные по погодным условиям годы.

Балансовые системы удобрения в сочетании с гербицидом и ретардантом в посевах зерновых оказались и экономически выгодны: применение их уже в 1-й ротации севооборота ежегодно обеспечивало 203—218 руб. чистого дохода на 1 га, а на каждый дополнительно вложенный рубль при этом получено 3—4,6 руб.

Влияние расчетных систем удобрения на продуктивность культур в севообороте и агрохимические показатели окультуренной дерново-подзолистой почвы

При разработке систем удобрения в севообороте на окультуренной почве в учхозе «Михайловское» ставилась цель получить плановые урожаи культур с желаемым химическим составом товарной и побочной продукции. Результаты исследований показали (табл. 5), что в среднем за 1-ю ротацию в посевах пшеницы превышен первый плановый уровень урожайности и получен урожай, составляющий 75—85 % второго планового уровня. Во 2-ю ротацию урожайность пшеницы была

Урожайность культур и продуктивность севооборота на окультуренной почве в среднем за 1-ю (в числителе) и 2-ю (в знаменателе) ротации

Урожайность	Оз. пшеница	Картофель	Ячмень	Викоовсяная или горохо- овсяная смесь	Продуктив- ность
1. Без удобрений					
Фактическая	25,2 (36,6)	185	26,1 (24,0)	57,9	42 (42)
	24,6 (29,1)	150	19,5 (20,7)	49,0	36 (38)
Колебания	10,4—38,2	51—252	13,3—39,1	42,8—77,3	—
	(23,2—48,2)	72—203	(13,9—36,6)	35,0—59,7	
2. Внесено 385N275P425K за 1-ю ротацию, 490N145P380K — за 2-ю					
Плановая	30	200	30	50	43
	34	200	34	58	53
Фактическая	25,7 (41,1)	223	28,7 (26,6)	66,5	49 (51)
	32,2 (39,2)	210	26,8 (31,1)	59,7	49 (55)
Колебания	12,4—45,7	62—297	11,5—44,4	58,8—83,5	—
	(28,4—54,5)	82—355	(15,4—41,3)	41,8—66,8	
3. Внесено 750N430P650K и 715N205P540K					
Плановая	50	300	50	70	68
	51	300	46	81	76
Фактическая	24,1 (42,7)	224	29,9 (280)	67,8	50 (52)
	32,2 (45,7)	232	24,4 (33,2)	64,9	51 (59)
Колебания	12,4—45,7	66—306	12,2—43,7	56,0—89,3	—
	(28,4—54,5)	82—404	(16,7—45,4)	40,8—81,4	
4. Внесено 750N290P650K и 715N205P405K					
Плановая	50	300	50	70	68
	51	300	46	81	76
Фактическая	27,7 (29,9)	230	28,1 (29,4)	68,6	50 (53)
	30,9 (47,7)	223	25,8 (31,8)	65,9	50 (61)
Колебания	15,8—45,5	67—292	12,6—43,5	55,8—92,3	—
	(26,2—61,8)	110—398	(15,8—41,8)	43,5—76,0	
5. Внесено 595N290P650K и 715N170P405K					
Плановая	50	300	50	70	68
	51	300	46	81	76
Фактическая	24,1 (37,6)	229	28,1 (28,5)	66,4	50 (52)
	31,2 (45,9)	234	26,1 (32,6)	66,0	52 (59)
Колебания	14,8—47,2	67—299	11,5—44,6	55,0—89,4	—
	(23,1—58,1)	112—407	(14,1—42,1)	44,1—79,0	

Примечание. В скобках — при сочетании с гербицидами и ретардантами.

выше первого уровня и достигла 90—95 % второго. Следует подчеркнуть, что и на окультуренной почве в среднем за две ротации севооборота урожайность пшеницы 40 ц/га и более можно получить только при обязательном сочетании расчетных норм удобрений с ретардантом и гербицидом.

Урожайность картофеля в среднем за две ротации севооборота, несмотря на неблагоприятные погодные условия в 1976 и 1980 гг., достигла 210—240 ц клубней на 1 га (табл. 5), т. е. был перекрыт первый плановый ее уровень и получен урожай, составляющий 73—80 % второго. В благоприятные годы (1977—1979, 1981—1982) практически достигался и перекрывался второй плановый уровень урожайности.

Урожайность ячменя в среднем за две ротации по всем расчетным системам практически достигла первого планового уровня, а в благо-

Фактические и плановые значения коэффициентов использования удобрений в севообороте в 1-ю (в числителе) и 2-ю (в знаменателе) ротации на окультуренной почве

Система удобрений	Балансовые коэффициенты					
	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	факт.	план.	факт.	план.	факт.	план.
2	111 (116)	100	54 (57)	60	152 (149)	100
	98 (97)	80	111 (124)	100	109 (110)	150
3	68 (68)	80	36 (37)	60	111 (106)	100
	69 (81)	80	85 (100)	100	84 (96)	150
4	66 (70)	80	52 (57)	90	110 (111)	100
	72 (82)	80	84 (98)	100	115 (126)	200
5	83 (85)	100	54 (53)	90	75 (86)	100
	75 (86)	80	100 (116)	120	113 (127)	200

Примечание. В скобках — при сочетании с гербицидами и ретардантами.

приятные годы (1977, 1981 и 1982) значительно превышала его и приближалась ко второму. При обработке посевов 2,4-Д, а с 1981 г. смесью 2,4-Д с кампозаном в большинстве случаев и в среднем за 2-ю ротацию урожайность ячменя значительно (на 6—9 ц/га) возрастала на фоне внесения удобрений.

Фактические урожаи сена однолетних трав в среднем за 1-ю ротацию по всем балансовым системам оказались равными и практически соответствовали второму плановому уровню урожайности. Во 2-ю ротацию урожайность однолетних трав соответствовала плановой при системе 2 и достигла более 80 % второго планового уровня при других балансовых системах.

Продуктивность севооборота в среднем за 1-ю ротацию в опытных вариантах с пестицидами значительно превысила первый и составила 76—78 % второго планового уровня (табл. 5). Во 2-ю ротацию, несмотря на заметное повышение плановой продуктивности, при совместном применении удобрений и пестицидов она достигла первого и была равна 78—80 % второго планового уровня. В благоприятные годы достигались и даже перекрывались и вторые плановые уровни продуктивности севооборота. Следовательно, не ошибки в применении удобрений, а неблагоприятные погодные условия лимитировали получение повышенной продуктивности в среднем во все годы исследований. Следует подчеркнуть, что под влиянием пестицидов продуктивность севооборота заметно возросла во 2-й ротации.

Содержание сырого белка в зерне пшеницы и ячменя в среднем за две ротации севооборота заметно увеличивалось при внесении удобрений, особенно при повышенных их нормах. В клубнях картофеля при этом несколько снижалось содержание крахмала. В зерне пшеницы в вариантах с ССС и 2,4-Д несколько уменьшалось, а в зерне ячменя в вариантах с 2,4-Д имело тенденцию к увеличению содержание сырого белка. Общий сбор с урожаями сырого белка и крахмала возрастал под влиянием удобрений за счет существенного роста урожайности культур.

В среднем за две ротации севооборота фактическое содержание питательных элементов в хозяйственных урожаях культур было довольно близким к плановому, т. е. применение расчетных систем удобрений позволяло получать высокие урожаи культур с близким к плановому содержанию в них питательных элементов.

Сопоставление фактического потребления питательных элементов культурами севооборота с плановым (табл. 6) показало, что в 1-ю ротацию при системах 3—5 фактические значения коэффициентов по-

Агрохимические показатели пахотного горизонта окультуренной почвы

Система удобрения	рН _{СОЛ}	N _Г	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус,
		мэкв/100 г		м г/100 г		
Перед закладкой опыта, 1975 г.						
	6,0	1,2	17,4	15	19	1,68
В конце 1-й ротации севооборота, 1979 г.						
1	6,1	0,9	18,0	14	13	1,62
2	6,3	0,7	18,4	18	19	1,60
3	6,3	0,8	18,8	23	21	1,63
4	6,1	1,0	20,4	22	24	1,62
5	6,0	1,1	18,7	22	22	1,67
НСР ₀₅	0,3	0,3	1,80	6,8	3,2	—

требления азота и фосфора были ниже (соответственно на 13—17 и 36—42 %), а калия — выше (на 4—11 %) плановых, несмотря на более низкие, чем планировалось, урожаи культур. При системе 2 в результате более высокой, чем планировалось, урожайности фактическое использование азотных и калийных удобрений было выше планового, а фосфорных — близким к нему.

Во 2-ю ротацию при системах 3—5 использование удобрений значительно возросло, а при сочетаниях с пестицидами использование азотных и фосфорных удобрений соответствовало плановому, но калийных удобрений — оказалось ниже его, вероятно, в результате резкого уменьшения норм калия. Таким образом, лимитирующими факторами повышения урожайности культур при системах 3—5 были не удобрения, так как использование их при системе 2, где превышена плановая продуктивность, оказывалось значительно более высоким, чем планировалось. Следует подчеркнуть, что во 2-й ротации заметно возросло использование удобрений культурами и под влиянием пестицидов.

Анализы образцов почвы после 1-й ротации севооборота показали, что в варианте без удобрений содержание калия достоверно снизилось и наметилась тенденция к уменьшению содержания фосфора, тогда как при максимальном насыщении удобрениями (системы 3—5) содержание последнего достоверно повысилось (табл. 7), причем для увеличения содержания подвижного фосфора на 1 мг/100 г почвы требовалось 20—40 кг P₂O₅ удобрений на 1 га сверх выноса его культурами севооборота.

Несмотря на то, что вынос калия был выше норм калийных удобрений, содержание обменного калия в почве при системе 4 достоверно увеличилось. Это связано с мобилизацией его почвенных запасов, что наблюдалось и в другом, описанном выше стационарном опыте. Из результатов анализа более глубоких слоев почвы (20—40 и 40—60 см) следует, что растения как бы перекачивали питательные вещества из них в пахотный горизонт. Это также способствовало обогащению последнего подвижными формами определявшихся элементов.

Применение расчетных систем удобрения в сочетании с пестицидами обеспечивало получение 457—682 руб. чистого дохода на 1 га пашни при окупаемости дополнительных затрат от 2,0—2,8 (в 1-ю ротацию) до 4,5—4,7 руб. (во 2-ю) на каждый вложенный рубль.

Следовательно, и на окультуренной дерново-подзолистой почве применение расчетных систем удобрения и особенно сочетание их с пестицидами обеспечивали получение равных плановым и более высоких урожаев первого уровня и близких к плановым урожаев второго уровня с качеством продукции, приближающимся к желаемому. При этом одновременно изменялась обеспеченность почвы подвижными формами

Таблица 8

**Балансовые коэффициенты использования питательных элементов
минеральных удобрений**

Годы использования элементов питания	Плодородие почвы (класс, группа)					
	1	2	3	4	5	6
Азот (N)						
1-й	70—75	70—75	75—80	75—80	85—90	90—95
—2—4-й *	0—5	5—10	5—10	10—15	10—15	10—15
Сумма за ротацию	70—80	75—85	80—90	85—95	95—105	100—110
Фосфор (P ₂ O ₅)						
1-й	25—35	25—35	25—40	25—40	25—45	30—45
2-й	20—15	25—20	30—20	30—20	30—20	35—25
3-й	5—10	5—10	5—10	5—10	10—15	15—25
4-й	—	—	—	5	5—10	10
Сумма за ротацию	50—60	55—65	60—70	65—75	75—90	85—105
Калий (K ₂ O)						
1-й	60—70	65—75	70—75	70—75	75—80	80—85
2-й	10—15	10—15	10—20	15—20	15—25	20—25
3-й	10—5	10—5	10—5	10	10	10—25
4-й	—	—	—	5	5—10	10
Сумма за ротацию	80—90	85—95	90—100	100—110	110—120	120—140

* Последствие минеральных азотных удобрений невелико, поэтому учитывается в сумме за 2—4-й годы.

питательных элементов в заданном балансовыми коэффициентами направлении.

Обобщая результаты исследований, считаем возможным рекомендовать для практического определения оптимальных норм удобрений

Таблица 9

**Балансовые коэффициенты использования питательных элементов
органических удобрений**

Годы использования элементов питания	Плодородие почвы (класс, группа)					
	1	2	3	4	5	6
Азот (N)						
1-й	25—35	25—35	25—35	25—35	25—35	25—35
2-й	25—20	25—20	30—20	30—25	30—25	30—25
3-й	5—10	10—15	15—10	20—15	25—20	30—25
4-й	—	—	0—10	5—10	5—15	5—15
Сумма за ротацию	55—65	60—70	65—75	75—85	85—95	90—100
Фосфор (P ₂ O ₅)						
1-й	20—40	20—45	25—45	25—45	30—45	35—45
2-й	25—10	25—15	25—15	30—15	30—20	30—30
3-й	10—15	15—10	15—10	15—10	15—10	15—20
4-й	—	—	0—5	0—10	0—15	5—20
Сумма за ротацию	55—65	60—70	65—75	70—80	75—90	85—105
Калий (K ₂ O)						
1-й	50—70	55—70	60—70	60—70	60—70	60—70
2-й	25—10	25—15	25—15	25—15	30—20	30—25
3-й	10—15	10—15	10—15	10—15	10—15	15—25
4-й	—	—	5	5—10	10—15	15—20
Сумма за ротацию	85—95	90—100	95—105	100—110	110—120	120—140

под отдельные культуры и для разработки системы удобрения в севооборотах в целях получения плановых урожаев культур при регулируемом плодородии почв дифференцированные в зависимости от эффективного плодородия почв балансовые коэффициенты использования удобрений для Центрального района Нечерноземной зоны (табл. 8 и 9).

По мере накопления наукой и передовой практикой новых данных о потребности отдельных сортов сельскохозяйственных культур в питательных элементах на создание урожая желаемых величины, структуры и качества, о количественных показателях баланса питательных элементов в конкретных природно-экономических условиях в зависимости от вида и состава севооборотов, уровней плановых урожаев и других условий балансовые коэффициенты, безусловно, должны уточняться.

Выводы

1. Балансовые коэффициенты использования удобрений позволяют разрабатывать системы удобрения, обеспечивающие в течение двух ротаций севооборотов получение плановых урожайности культур и продуктивности севооборотов (до уровней, лимитируемых погодно-агротехническими условиями Центрального района Нечерноземья) с одновременным изменением обеспеченности почв питательными элементами в заданном коэффициентами направлении.

2. Применение расчетных систем удобрения (в сочетании с принятыми на практике пестицидами) уже в 1-ю ротацию обеспечило получение первого планового уровня продуктивности севооборота на бедной (36—38 ц корм. ед. на 1 га) и превышение такового на окультуренной (51 ц корм. ед.) дерново-подзолистой почве. Второй плановый уровень продуктивности (соответственно 60 и 68 ц корм. ед.) не достигнут, а фактическая продуктивность в среднем составляла 60—65 и 75—80 % плановой.

Во 2-й ротации на бедной почве продуктивность была равна 75—83 % первого (50,6 ц корм. ед.) и 64—65 % второго (76 ц корм. ед.) плановых уровней, а на окультуренной — соответственно 105 (план 53 ц корм. ед.) и 76—80 % (план 76 ц корм. ед.).

3. Применение расчетных систем удобрения без пестицидов и в сочетаниях с ними не ухудшало основных показателей качества продукции всех (за исключением картофеля) изучаемых культур и способствовало получению относительно близкого к плановому содержания азота, фосфора и калия в хозяйственных урожаях.

4. За две ротации севооборотов урожайность озимой пшеницы Мироновской 808 40—50 ц/га и более на разных по эффективному плодородию дерново-подзолистых почвах удавалось получить при использовании рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов норм удобрений только в сочетаниях с ретардантом (ССС) и гербицидом (2,4-Д).

5. Изменение средневзвешенной обеспеченности всех полей севооборотов подвижным фосфором находилось в соответствии с фактическими балансовыми коэффициентами использования удобрений за ротацию севооборотов. Применение расчетных систем удобрения значительно усиливало мобилизацию почвенного калия; даже при отрицательном балансе калия возростала обеспеченность почв обменными его формами.

6. Применение расчетных систем удобрения в сочетаниях с пестицидами экономически выгодно: оно обеспечивало получение чистого дохода на бедной почве 203—218 руб/га, а на окультуренной — 456—682 руб/га при окупаемости каждого рубля дополнительных затрат 2,0—4,7 руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багаев В. Б., Жуков Ю. П., Бухтуй Л. В. Использование систем удобрения, рассчитанных балансовым методом, в полевом севообороте для получения урожаев планируемой величины, структуры и качества. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 2, с. 57—64. — 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., Багаев В. Б., Реутов А. В. Эффективность рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов норм удобрений в севообороте на окультуренной дерново-подзолистой почве. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 4, с. 44—52. — 6. Жуков Ю. П., Реутов А. В. Продуктивность культур и плодородие дерново-подзолистой почвы при разных уровнях расчетных норм удобрений в севообороте. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 6, с. 3—14. — 7. 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. — 8. Жуков Ю. П., Филиппов А. Л. Получение планируемой урожайности культур в севообороте при рассчитанных балансовым методом системах удобрения и обработке посевов 2,4-Д и ретардантами. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 5, с. 66—74. — 9. Жуков Ю. П., Реутов А. В. Применение рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов норм удобрений для получения плановых урожаев культур в севообороте на дерново-подзолистой почве. — В сб.: Программирование урожаев с.-х. культур. Казань: Тат. книж. изд-во, 1984, с. 67—73. — 10. Жуков Ю. П., Горст О. В. Эффективное плодородие дерново-подзолистой почвы в зависимости от расчетных форм удобрений. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 1, с. 74—77. — 11. Жуков Ю. П., Реутов А. В. Продуктивность озимой пшеницы при совместном применении расчетных норм удобрений с 2,4-Д и ССС. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 3, с. 92—97. — 12. Жуков Ю. П., Филиппов А. Л. Прогнозируемые и фактические изменения агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при использовании расчетных систем удобрения в сочетании с 2,4-Д и ретардантами. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 5, с. 68—73.

Статья поступила 11 мая 1986 г.

SUMMARY

The general results of the experiments including two rotations are discussed. The aim of the experiments was to check the possibility to obtain programmed crop yields in two crop rotations on soddy-podzolic soils of Moscow region. The soils are of different fertility, and the systems of fertilization are calculated by means of balance coefficients and used in combination with conventional herbicides and retardants.