

УДК 631.55:631.811:[631.445.24+631.582

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ РАСЧЕТНЫХ НОРМ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

Ю. П. ЖУКОВ, А. В. РЕУТОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Одним из наиболее перспективных методов определения оптимальных норм удобрений под отдельные культуры и разработки научно обоснованной системы удобрения в севообороте является балансовый метод, причем та его модификация, где применяются балансовые коэффициенты использования удобрений, дифференцированные в зависимости от эффективного плодородия почв [1—9].

В предлагаемой работе изложены результаты экспериментальной проверки возможности получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур и изменения плодородия дерново-подзолистой почвы при использовании разработанной балансовым методом системы удобрений в 4-польном севообороте.

Условия и методика исследований

Исследования проводили в стационарном полевом опыте, схема которого (табл. 1) вместе с контрольным вариантом (без удобрений) включала 4 системы удобрения (2—5-й варианты), рассчитанные на получение двух уровней урожайности культур в 4-польном севообороте. Полевой опыт развернут во времени и пространстве. Чередуемость культур в севообороте: вико(горохо)-овсяная смесь, озимая пшеница, картофель, ячмень.

Исходя из планируемого содержания питательных элементов в основной и побочной продукции (табл. 2), рассчитывали вынос питательных элементов планируемыми урожаями, определяли затраты питательных элементов на единицу основной и соответствующее количество побочной продукции и использование питательных веществ в севообороте (балансовые коэффициенты) в изучавшихся системах удобрения.

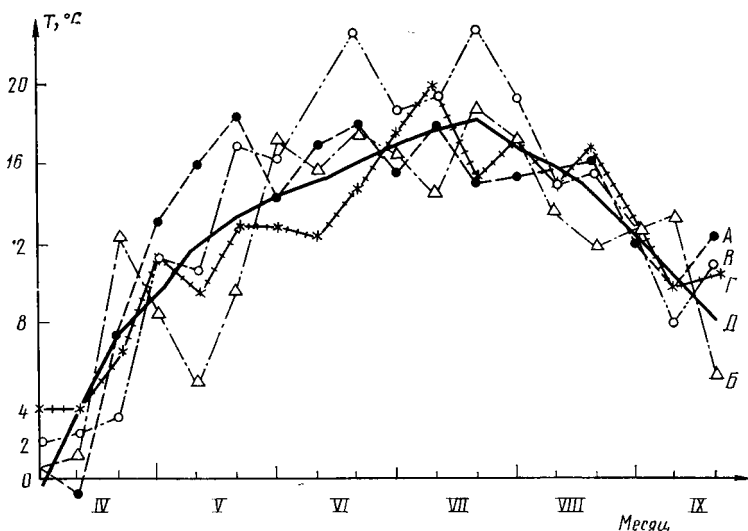


Рис. 1. Температура воздуха в вегетационные периоды 1979 г. (А), 1980 (Б), 1981 (В), 1982 г. (Г) и средняя многолетняя (Д).

Схема систем удобрения в севообороте при двух уровнях планируемых урожаев

Элемент питания	Вико (горохо)-овсяная смесь (сено)	Оз. пшеница (зерно)	Картофель (клубни)	Ячмень (зерно)	Плановый баланс, % к выносу
Планируемые уровни урожаев, ц/га					
Вариант 2					
	50 (50)	30 (30)	200 (200)	30 (30)	
Варианты 3—5					
	70 (70)	50 (45)	300 (300)	50 (40)	
Нормы удобрений, кг д. в. на 1 га.					
Вариант 2					
N	100 (125)	90 (130)	120 (125)	75 (110)	0 (+24)
P ₂ O ₅	80 (40)	70 (35)	70 (30)	55 (40)	+67 (0)
K ₂ O	125 (95)	75 (60)	150 (135)	75 (90)	0 (-33)
Вариант 3					
N	175 (175)	190 (200)	225 (190)	160 (150)	+26 (-125)
P ₂ O ₅	120 (55)	120 (50)	100 (45)	90 (55)	+69 (0)
K ₂ O	175 (130)	125 (90)	225 (200)	125 (120)	0 (-33)
Вариант 4					
N	175 (175)	190 (200)	225 (190)	160 (150)	+26 (+25)
P ₂ O ₅	80 (55)	80 (50)	70 (45)	60 (55)	+14 (0)
K ₂ O	175 (100)	125 (65)	225 (150)	125 (90)	0 (-50)
Вариант 5					
N	140 (175)	150 (200)	180 (190)	125 (150)	0 (+25)
P ₂ O ₅	80 (45)	80 (40)	70 (40)	60 (45)	+14 (-17)
K ₂ O	175 (100)	125 (65)	225 (150)	125 (90)	0 (-50)

Примечание. В скобках — 2-я ротация севооборота.

По окончании 1-й ротации севооборота на основании полученных результатов были уточнены системы удобрения (табл. 1) и планируемые урожаи, содержание азота, фосфора и калия в товарной и нетоварной продукции и плановые балансовые коэффициенты использования питательных элементов из удобрений и почвы (табл. 2).

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая хорошо окультуренная с близкой к нейтральной реакцией, богатая подвижными формами фосфора и калия.

Для изучения совместного действия расчетных норм удобрений, гербицидов и ретардантов в посевах зерновых культур все делянки были разделены на 2 части. У озимой пшеницы в фазу кушения одну из частей делянки обрабатывали аминной солью 2,4-Д и хлорхлоридом (ССС), у ячменя в ту же фазу — 2,4-Д, а с 1981 г. и кампозаном М. Доза СССР — 4 кг д. в., кампозана М — 3—4 л, 2,4-Д — 1 кг д. в. на 1 га.

Повторность опыта 4-кратная. Посевная площадь делянки — 168 м², учетная площадь для картофеля и вико(горохо)-овсяной смеси — 120 м², а для зерновых при обработках гербицидом и ретардантами — 48 м². Урожай зерна, зеленой массы трав и клубней картофеля учитывали сплошным методом, а соломы и ботвы картофеля — выборочным. Урожай культур приведены к стандартной влажности: зерно — 14 %, сено и солома — 16 %.

Анализ растительных и почвенных образцов проводили общепринятыми методами, математическую обработку данных — методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову.

Агротехника возделывания культур севооборота была общепринятой для Московской области.

Погодные условия вегетационных периодов 1979—1982 гг. довольно резко отличались друг от друга и от средних многолетних данных (рис. 1 и 2).

Результаты и их обсуждение

Применение расчетных норм удобрений обеспечило получение планируемых урожаев вико(горохо)-овсяного сена. В 1-й ротации севооборота (1976—1979 гг.) удалось вплотную приблизиться ко второму (70 ц/га) и превзойти первый планируемый уровень урожайности (50 ц/га). Во 2-й ротации получены более высокие по сравнению с 1-й урожаи сена в 3—5-м вариантах, т. е. удалось достичь 2-го планируемого уровня урожайности (70 ц/га). Следует отметить, что урожайность

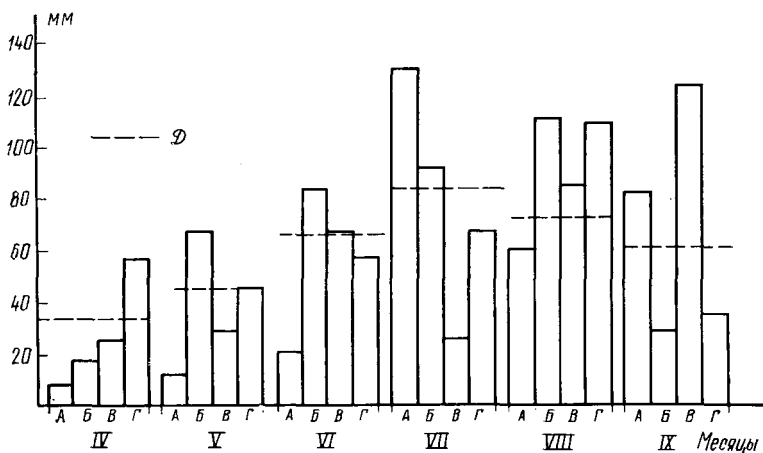


Рис. 2. Количество осадков в вегетационные периоды 1979—1982 гг. Обозначения те же, что на рис. 1.

сена в контрольном варианте от 1-й ко 2-й ротации снизилась с 57,9 до 51,1 ц/га (табл. 3).

Применение расчетных норм удобрений позволило получить урожай картофеля, превышающие первый планируемый уровень (200 ц/га). Экстремальные погодные условия 1980 г. обусловили резкое снижение урожаев клубней. Если исключить данные этого года, можно отметить, что за два года 2-й ротации урожайность клубней картофеля достигла второго планируемого уровня во 2—5-м вариантах, т. е. 284—330 ц/га (табл. 3).

Урожай зерна озимой пшеницы Мироновской 808, превышающие 40 ц/га, удавалось получать только при совместном применении расчетных норм удобрений, гербицидов и ретардантов (табл. 4). В 1-й и 2-й ротациях севооборота был превзойден первый планируемый уровень урожайности зерна (30 ц/га), при этом урожай приблизился ко второму уровню, причем в благоприятный год (1981) был значительно превзойден и второй планируемый уровень урожайности.

В среднем за 1-ю ротацию севооборота урожай зерна ячменя Московский 121 достигли первого планируемого уровня — 26—30 ц/га. В результате применения высоких норм удобрений в отсутствие ретарданта оказалось невозможным получать устойчивые высокие урожаи

Таблица 2

Планируемое содержание питательных элементов в основной и побочной продукции культур севооборота (% на абсолютно сухую массу)

Культура	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	ротация севооборота					
	1	2	1	2	1	2
Оз. пшеница:						
зерно	2,79	2,80	1,28	0,80	0,70	0,55
солома	0,48	0,50	0,24	0,20	1,50	1,60
Картофель:						
клубни	1,75	1,35	0,70	0,50	2,60	2,50
ботва	2,50	2,30	0,60	0,45	3,80	5,00
Ячмень:						
зерно	2,32	2,30	1,05	0,85	1,05	0,80
солома	0,60	0,50	0,24	0,35	1,91	2,50
Вика	2,38	2,55	1,43	0,85	3,58	3,50
	3,18*	3,40*				
Овес	2,38	2,20	0,96	0,72	2,38	2,50

* Обеспечивается за счет минеральных удобрений и фиксации азота клубеньковыми бактериями.

Урожайность вико(горохо)-овсяной смеси и картофеля (ц/га) в севообороте

Вариант	1-я ротация		2-я ротация		
	1976—1979 гг.		1980 г.	1981 г.	1982 г.
Вико(горохо)-овсяная смесь (сено)					
1	57,9	59,7	35,0	58,5	51,1
2	66,5	64,4	66,8	65,6	65,6
3	67,8	68,0	81,4	65,9	71,8
4	68,6	75,6	76,0	68,5	73,4
5	66,4	69,2	79,0	71,5	73,2
НСР ₀₅	5,5	4,4	5,6	10,0	14,1
Картофель (клубни)					
1	185	72	203	204	160
2	223	82	355	213	217
3	224	82	404	250	245
4	230	110	398	262	257
5	229	112	407	249	256
НСР ₀₅	30,3	18,6	60,2	58,9	68,0

зерна ~ 40 ц/га и более. В 1981 и 1982 гг. на фоне расчетных норм удобрений, 2,4-Д и ретарданта при возделывании нового сорта ячменя (Надя) урожай зерна в среднем за 2 года возросли до 36,5—41,3 ц/га, т. е. значительно превысили первый планируемый уровень и приблизились ко второму.

Необходимо подчеркнуть, что по мере истощения почвы в контрольных (неудобренных) вариантах урожайность всех культур севооборота снижалась (табл. 3 и 4), несмотря на улучшение агротехники

Таблица 4

Урожайность зерновых культур (ц/га) в севообороте
(в знаменателе — с обработкой 2,4-Д и ретардантами)

Вариант	1-я ротация		2-я ротация		
	1976—1979 гг.		1980 г.	1981 г.	1982 г.
Оз. пшеница (зерно)					
1	25,2	24,0	29,9	20,2	24,7
	36,6	30,1	34,4	23,2	29,9
2	25,7	23,4	45,7	21,3	30,1
	41,1	32,0	54,5	35,7	40,7
3	24,1	22,0	49,8	17,3	29,7
	42,7	32,2	60,0	38,2	43,5
4	27,7	21,1	45,5	17,7	28,1
	39,9	39,5	61,8	36,2	45,8
5	24,1	24,1	47,2	17,1	29,5
	37,6	40,5	58,1	33,7	44,1
НСР ₀₅	4,1/3,6	2,7/6,1	4,4/5,0	5,3/1,9	8,3/10,5
Ячмень (зерно)					
1	26,1	13,5	24,3	18,2	18,7
	24,0	16,6	28,0	19,1	21,2
2	28,7	15,1	28,5	35,6	26,4
	26,6	22,9	36,5	36,5	32,0
3	29,9	15,4	19,4	35,0	23,3
	28,0	22,0	37,1	45,4	34,8
4	28,1	16,3	24,2	37,0	25,8
	29,4	21,5	40,9	39,2	33,9
5	28,1	16,4	24,5	33,8	24,9
	28,5	22,5	39,9	41,3	34,6
НСР ₀₅	2,9/4,3	2,1/4,5	2,8/3,5	5,5/4,3	7,6/7,0

Продуктивность культур севооборота при расчетных нормах удобрений
(ц корм. ед. на 1 га)

Вариант	1976—1979 гг.		2-я ротация севооборота			
	планируемая	фактическая	планируемая	1980 г.	1981 г.	среднее
Контроль						
1	—	42	—	27	40	34
2	43	49	45	30	67	49
3	68	50	65	30	72	51
4	68	50	65	32	70	51
5	68	50	65	33	72	53
2,4-Д и ретарданты						
1	—	42	—	30	43	37
2	43	51	45	36	74	55
3	68	52	65	38	83	61
4	68	53	65	44	83	63
5	68	52	65	44	82	63

и введение лучших сортов. Одновременно в систематически удобряемых вариантах при внесении расчетных норм минеральных удобрений урожайность культур севооборота, хотя и неравномерно, но заметно повышалась (табл. 3 и 4).

Наряду с изучением изменения уровней урожайности культур важно определить влияние расчетных норм удобрения на общую продуктивность культур севооборота. В среднем за 7 лет она была существенно выше первого планируемого уровня, причем наивысшая продуктивность (61—63 ц корм. ед.) достигнута во 2-ю ротацию севооборота при внесении расчетных норм удобрений, гербицидов и ретардантов, несмотря на очень низкие урожаи клубней картофеля в 1980 г. (табл. 5).

Одним из факторов, ограничивающих получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур и существенно снижающих эффективность удобрений, является высокая засоренность посевов. В связи с этим необходимо было изучить совместное влияние расчетных норм удобрений, 2,4-Д и ретардантов не только на культурные растения, но и на сорняки (табл. 6).

Следует отметить, что расчетные нормы удобрений обуславливают повышение конкурентной способности культур по отношению к сорня-

Таблица 6

Количество (шт/м²) и абсолютно сухая масса (г/м²) сорняков
в посевах озимой пшеницы и ячменя

Вариант	Оз. пшеница (1980—1981 гг.)				Ячмень (1979—1981 гг.)			
	количество		масса		количество		масса	
	к	о	к	о	к	о	к	о
Выход в трубку								
1	84	40	11,5	3,3	202	94	7,4	3,6
2	108	54	17,1	7,5	195	88	9,1	3,0
3	110	33	15,1	6,2	178	116	7,2	5,2
4	133	43	13,9	7,6	171	107	8,1	2,9
5	113	58	10,5	8,8	213	123	7,9	5,4
Перед уборкой урожая								
1	219	125	35,8	12,8	212	140	15,6	9,4
2	78	24	19,9	3,6	165	83	20,3	9,6
3	71	29	14,9	2,9	244	96	38,6	15,1
4	126	50	18,9	3,0	173	82	21,6	9,5
5	63	31	12,5	2,3	211	93	21,5	13,4

Примечание. к — контроль, о — обработано 2,4-Д и ретардантами.

Содержание питательных элементов (% на абсолютно сухую массу)
в вико(горохо)-овсяной смеси и клубнях картофеля (в числителе — в бобовом,
в знаменателе — в злаковом компоненте смеси)

Вариант	Вико (горохо)-овсяная смесь				Картофель (клубни)			
	1976— 1979 гг.	1980 г.	1981 г.	среднее	1976— 1979 гг.	1980 г.	1981 г.	среднее
	N							
1	$\frac{3,31}{1,99}$	$\frac{3,33}{1,62}$	$\frac{3,00}{1,64}$	$\frac{3,17}{1,63}$	1,20	1,02	0,97	1,00
2	$\frac{3,43}{2,03}$	$\frac{3,49}{2,34}$	$\frac{3,23}{2,40}$	$\frac{3,36}{2,37}$	1,55	1,96	1,30	1,63
3	$\frac{3,50}{2,33}$	$\frac{3,65}{2,39}$	$\frac{3,22}{2,42}$	$\frac{3,44}{2,41}$	1,75	2,50	1,55	2,03
4	$\frac{3,31}{2,21}$	$\frac{3,74}{2,55}$	$\frac{3,18}{2,36}$	$\frac{3,46}{2,46}$	1,88	3,11	1,42	2,27
5	$\frac{3,53}{2,34}$	$\frac{3,47}{2,48}$	$\frac{3,08}{2,29}$	$\frac{3,28}{2,39}$	1,69	2,83	1,68	2,26
	P ₂ O ₅							
1	$\frac{0,81}{0,72}$	$\frac{0,83}{0,64}$	$\frac{1,12}{0,67}$	$\frac{0,98}{0,66}$	0,56	0,60	0,57	0,59
2	$\frac{0,82}{0,71}$	$\frac{0,92}{0,71}$	$\frac{1,02}{0,72}$	$\frac{0,97}{0,72}$	0,57	0,72	1,05	0,89
3	$\frac{0,82}{0,72}$	$\frac{1,07}{0,79}$	$\frac{0,88}{0,92}$	$\frac{0,98}{0,86}$	0,54	0,73	0,83	0,78
4	$\frac{0,84}{0,71}$	$\frac{0,89}{0,77}$	$\frac{1,08}{0,74}$	$\frac{0,99}{0,76}$	0,55	0,72	0,85	0,79
5	$\frac{0,87}{0,74}$	$\frac{0,76}{0,78}$	$\frac{0,54}{0,74}$	$\frac{0,65}{0,76}$	0,52	0,71	0,73	0,72
	K ₂ O							
1	$\frac{3,52}{3,23}$	$\frac{1,59}{2,71}$	$\frac{2,24}{1,63}$	$\frac{1,92}{2,17}$	2,50	2,03	1,79	1,91
2	$\frac{3,66}{3,20}$	$\frac{2,01}{2,72}$	$\frac{3,00}{2,22}$	$\frac{2,51}{2,47}$	2,73	2,22	1,97	2,10
3	$\frac{4,06}{3,50}$	$\frac{2,35}{2,60}$	$\frac{3,00}{2,25}$	$\frac{2,68}{2,43}$	2,75	2,38	2,20	2,29
4	$\frac{4,12}{3,52}$	$\frac{2,23}{2,99}$	$\frac{2,98}{2,24}$	$\frac{2,61}{2,62}$	2,92	2,60	2,15	2,38
5	$\frac{3,94}{3,37}$	$\frac{2,18}{2,83}$	$\frac{3,14}{2,08}$	$\frac{2,66}{2,46}$	2,85	2,60	2,34	2,47

кам. В частности, в посевах озимой пшеницы к моменту уборки урожая под влиянием расчетных норм удобрений во 2, 3, 5-м вариантах количество сорняков уменьшилось соответственно на 28, 35, 34 %, тогда как без удобрений количество их возросло с 84 до 219 шт. на 1 м². С другой стороны, внесение расчетных норм удобрений значительно повысило эффективность 2,4-Д. Так, количество сорняков в посевах озимой пшеницы уменьшилось в 1,9—3,3 раза, ячменя — в 1,5—2,5 раза, а абсолютно сухая масса сорняков — соответственно в 1,2—6,3 и 1,4—3,0 раза (табл. 6).

Под действием удобрений изменился и химический состав растений. Среднее содержание азота и фосфора в вико(горохо)-овсяной смеси в 1-й и 2-й ротациях севооборота оказалось довольно близким к планируемому, а содержание калия резко снизилось за последние 2 года как в бобовом, так и в злаковом компонентах, что связано с уменьшением норм калийных удобрений (на 40—75 кг д. в./га) и получением более высоких урожаев сена, чем в 1-ю ротацию. В среднем же содержание

Содержание питательных элементов в зерне озимой пшеницы и ячменя
(% на абсолютно сухую массу)

Вариант	Оз. пшеница				Ячмень			
	1976—1979 гг.	1980 г.	1981 г.	среднее	1976—1979 гг.	1980 г.	1981 г.	среднее
	N							
1	$\frac{2,16}{2,01}$	$\frac{2,04}{1,69}$	$\frac{2,04}{1,97}$	$\frac{2,04}{1,83}$	$\frac{2,21}{2,34}$	$\frac{2,42}{2,38}$	$\frac{1,53}{1,81}$	$\frac{1,98}{2,10}$
2	$\frac{2,39}{2,21}$	$\frac{2,61}{2,64}$	$\frac{2,45}{2,00}$	$\frac{2,53}{2,32}$	$\frac{2,36}{2,58}$	$\frac{2,78}{2,67}$	$\frac{2,27}{1,91}$	$\frac{2,53}{2,29}$
3	$\frac{2,61}{2,40}$	$\frac{2,59}{2,71}$	$\frac{2,14}{2,12}$	$\frac{2,37}{2,42}$	$\frac{2,54}{2,56}$	$\frac{2,77}{2,73}$	$\frac{2,29}{2,29}$	$\frac{2,53}{2,51}$
4	$\frac{2,50}{2,34}$	$\frac{2,71}{2,87}$	$\frac{2,19}{1,58}$	$\frac{2,45}{2,23}$	$\frac{2,56}{2,59}$	$\frac{2,56}{2,69}$	$\frac{2,51}{2,24}$	$\frac{2,54}{2,47}$
5	$\frac{2,57}{2,46}$	$\frac{2,73}{2,83}$	$\frac{2,65}{1,97}$	$\frac{2,69}{2,40}$	$\frac{2,52}{2,73}$	$\frac{2,55}{2,45}$	$\frac{2,40}{2,42}$	$\frac{2,48}{2,44}$
	P ₂ O ₅							
1	$\frac{0,74}{0,72}$	$\frac{0,61}{0,71}$	$\frac{1,03}{0,91}$	$\frac{0,82}{0,81}$	$\frac{0,99}{0,98}$	$\frac{0,66}{0,71}$	$\frac{0,46}{0,89}$	$\frac{0,56}{0,80}$
2	$\frac{0,76}{0,75}$	$\frac{0,65}{0,70}$	$\frac{0,99}{0,91}$	$\frac{0,82}{0,81}$	$\frac{0,99}{0,99}$	$\frac{0,84}{0,81}$	$\frac{0,82}{0,83}$	$\frac{0,83}{0,82}$
3	$\frac{0,71}{0,72}$	$\frac{0,78}{0,73}$	$\frac{0,92}{0,85}$	$\frac{0,85}{0,79}$	$\frac{0,98}{1,02}$	$\frac{0,77}{0,78}$	$\frac{0,94}{1,04}$	$\frac{0,86}{0,91}$
4	$\frac{0,69}{0,70}$	$\frac{0,77}{0,70}$	$\frac{0,97}{0,76}$	$\frac{0,87}{0,73}$	$\frac{0,98}{1,07}$	$\frac{0,72}{0,75}$	$\frac{0,70}{0,99}$	$\frac{0,71}{0,87}$
5	$\frac{0,80}{0,74}$	$\frac{0,74}{0,69}$	$\frac{0,97}{0,82}$	$\frac{0,86}{0,76}$	$\frac{0,97}{1,02}$	$\frac{0,76}{0,78}$	$\frac{1,30}{1,12}$	$\frac{1,03}{0,93}$
	K ₂ O							
1	$\frac{0,49}{0,51}$	$\frac{0,47}{0,49}$	$\frac{0,37}{0,40}$	$\frac{0,42}{0,45}$	$\frac{0,95}{0,86}$	$\frac{0,57}{0,58}$	$\frac{0,51}{0,53}$	$\frac{0,54}{0,56}$
2	$\frac{0,60}{0,54}$	$\frac{0,50}{0,52}$	$\frac{0,35}{0,31}$	$\frac{0,43}{0,42}$	$\frac{0,94}{0,85}$	$\frac{0,60}{0,58}$	$\frac{0,49}{0,45}$	$\frac{0,55}{0,52}$
3	$\frac{0,52}{0,54}$	$\frac{0,53}{0,52}$	$\frac{0,34}{0,30}$	$\frac{0,44}{0,41}$	$\frac{0,93}{0,90}$	$\frac{0,58}{0,60}$	$\frac{0,47}{0,56}$	$\frac{0,53}{0,58}$
4	$\frac{0,53}{0,54}$	$\frac{0,52}{0,53}$	$\frac{0,34}{0,33}$	$\frac{0,43}{0,43}$	$\frac{1,00}{0,88}$	$\frac{0,63}{0,60}$	$\frac{0,44}{0,53}$	$\frac{0,54}{0,57}$
5	$\frac{0,54}{0,55}$	$\frac{0,53}{0,53}$	$\frac{0,34}{0,25}$	$\frac{0,44}{0,39}$	$\frac{0,96}{0,94}$	$\frac{0,60}{0,63}$	$\frac{0,36}{0,48}$	$\frac{0,48}{0,58}$

Примечание. В числителе — контроль, в знаменателе — обработано 2,4-Д и ретардантами.

азота и фосфора в обоих компонентах смеси и калия в овсе оказалось близким к планируемому (табл. 7).

Резкие колебания в содержании питательных элементов (особенно азота и калия) в товарной и нетоварной продукции картофеля по годам, как и большие отклонения от планируемого за 1980—1981 гг., обусловлены в значительной степени экстремальными погодными условиями 1980 г.

Фактическое содержание фосфора и калия в зерне озимой пшеницы (табл. 8) оказалось довольно близким к планируемому (план — соответственно 0,80 и 0,55 %), а содержание азота — заметно ниже (план 2,80 %).

Содержание азота в зерне ячменя (табл. 8) колебалось в вариантах с удобрением от 2,36 до 2,78 % (план 2,30 %), содержание фосфора соответствовало планируемому, а калия было ниже. Во 2-й ротации севооборота содержание калия в зерне ячменя снизилось, что обусловле-

Вынос питательных элементов вико(горохо)-овсяной смесью и картофелем

Вариант	Сено (на 10 ц)				Картофель (на 100 ц клубней и ботвы)			
	1976—1979 гг.	1980 г.	1981 г.	среднее за 2 года	1976—1979 гг.	1980 г.	1981 г.	среднее за 2 года
N								
1	27	31	20	26	31	29	35	32
2	26	33	27	30	43	50	52	51
3	28	34	26	30	54	60	46	53
4	26	35	25	31	57	80	44	63
5	28	33	26	30	51	85	47	66
P ₂ O ₅								
1	8	8	8	8	13	15	17	16
2	8	9	8	9	15	18	28	23
3	7	10	9	10	14	18	20	19
4	8	9	8	9	15	19	20	20
5	8	8	7	8	14	21	18	20
K ₂ O								
1	33	18	18	18	72	67	52	59
2	33	21	25	23	82	67	66	67
3	37	24	24	24	91	65	63	64
4	37	24	25	25	100	95	59	77
5	35	23	25	24	91	93	61	77

но значительным уменьшением норм соответствующих удобрений.

В среднем в зерне ячменя под влиянием удобрений получено довольно близкое к планируемому содержание азота, фосфора и калия.

В табл. 9 и 10 представлены данные о затратах питательных элементов на образование единицы основной и соответствующего количества побочной продукции у культур севооборота. У вико(горохо)-овсяной смеси удобрения в большей степени влияли на вынос калия, затем азота, а затраты фосфора на 10 ц сена были наиболее стабильными. Снижение затрат калия во 2-й ротации севооборота объясняется более низким его содержанием в сене в результате применения значительно меньших норм калийных удобрений.

Затраты азота на формирование 100 ц клубней и соответствующего количества ботвы в 1-й и во 2-й ротациях севооборота резко различались (средние данные), хотя в отдельные годы наблюдались колебания этих показателей, вызванные неодинаковой физиологической зрелостью клубней (табл. 9). Некоторое увеличение выноса фосфора единицей урожая картофеля обусловлено более высоким его содержанием в ботве и клубнях во 2-ю ротацию севооборота. Изменение затрат калия связано в основном с различным количеством ботвы в массе урожая и ее состоянием перед уборкой, а также более напряженным балансом калия во 2-ю ротацию (табл. 9).

У озимой пшеницы затраты азота и фосфора на 10 ц зерна и соответствующее количество соломы под влиянием 2,4-Д и ССС несколько снизились, что еще раз подчеркивает необходимость совместного применения расчетных норм удобрений с гербицидами и ретардантами. Колебания затрат калия обусловлены значительными изменениями его содержания в соломе и меньшими — в зерне (табл. 10).

У ячменя затраты питательных элементов под действием изучавшихся норм удобрений возросли в среднем за 1-ю ротацию и за два года 2-й они были неодинаковые. Высокие затраты азота, фосфора и особенно калия связаны с более низкими урожаями этой культуры, обусловленными неблагоприятными погодными условиями в течение 1-й ротации севооборота.

Обобщение результатов, полученных за 1-ю ротацию севооборота, показало (табл. 11), что фактические балансовые коэффициенты ис-

Изменение выноса питательных элементов озимой пшеницей и ячменем

Вариант	Оз. пшеница (10 ц зерна и соломы)				Ячмень (10 ц зерна и соломы)			
	1976— 1979 гг.	1980 г.	1981 г.	среднее за 2 года	1976— 1979 гг.	1980 г.	1981 г.	среднее за 2 года
N								
1	$\frac{32}{27}$	$\frac{34}{23}$	$\frac{28}{23}$	$\frac{31}{23}$	$\frac{41}{52}$	$\frac{36}{41}$	$\frac{22}{23}$	$\frac{29}{32}$
2	$\frac{38}{31}$	$\frac{52}{45}$	$\frac{32}{23}$	$\frac{42}{34}$	$\frac{57}{74}$	$\frac{45}{43}$	$\frac{42}{37}$	$\frac{44}{40}$
3	$\frac{43}{35}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{28}{24}$	$\frac{39}{37}$	$\frac{66}{76}$	$\frac{52}{62}$	$\frac{43}{40}$	$\frac{48}{51}$
4	$\frac{45}{35}$	$\frac{55}{56}$	$\frac{30}{22}$	$\frac{43}{39}$	$\frac{60}{81}$	$\frac{44}{59}$	$\frac{45}{44}$	$\frac{45}{52}$
5	$\frac{44}{35}$	$\frac{46}{54}$	$\frac{34}{23}$	$\frac{40}{39}$	$\frac{67}{67}$	$\frac{43}{59}$	$\frac{49}{48}$	$\frac{46}{54}$
P ₂ O ₅								
1	$\frac{13}{10}$	$\frac{13}{11}$	$\frac{16}{12}$	$\frac{15}{12}$	$\frac{20}{25}$	$\frac{15}{17}$	$\frac{9}{14}$	$\frac{12}{16}$
2	$\frac{13}{10}$	$\frac{17}{16}$	$\frac{17}{13}$	$\frac{17}{15}$	$\frac{26}{34}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{16}{19}$	$\frac{16}{17}$
3	$\frac{13}{10}$	$\frac{17}{16}$	$\frac{16}{12}$	$\frac{17}{14}$	$\frac{26}{31}$	$\frac{18}{23}$	$\frac{17}{20}$	$\frac{18}{22}$
4	$\frac{14}{10}$	$\frac{18}{16}$	$\frac{17}{9}$	$\frac{18}{13}$	$\frac{24}{33}$	$\frac{16}{19}$	$\frac{13}{18}$	$\frac{15}{19}$
5	$\frac{15}{10}$	$\frac{15}{15}$	$\frac{17}{11}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{28}{27}$	$\frac{15}{19}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{18}{19}$
K ₂ O								
1	$\frac{25}{21}$	$\frac{23}{17}$	$\frac{19}{15}$	$\frac{21}{16}$	$\frac{62}{79}$	$\frac{33}{36}$	$\frac{16}{23}$	$\frac{25}{30}$
2	$\frac{30}{26}$	$\frac{32}{26}$	$\frac{19}{14}$	$\frac{26}{20}$	$\frac{104}{133}$	$\frac{33}{31}$	$\frac{32}{34}$	$\frac{33}{33}$
3	$\frac{32}{30}$	$\frac{33}{44}$	$\frac{17}{16}$	$\frac{25}{30}$	$\frac{106}{119}$	$\frac{44}{60}$	$\frac{36}{57}$	$\frac{40}{59}$
4	$\frac{30}{28}$	$\frac{31}{51}$	$\frac{19}{15}$	$\frac{25}{33}$	$\frac{96}{129}$	$\frac{41}{59}$	$\frac{27}{32}$	$\frac{34}{46}$
5	$\frac{29}{26}$	$\frac{29}{39}$	$\frac{17}{15}$	$\frac{23}{27}$	$\frac{121}{114}$	$\frac{34}{55}$	$\frac{26}{34}$	$\frac{30}{45}$

Пр и м е ч а н и е. Знаменатель — обработка 2,4-Д и ретардантами.

пользования азота и калия минеральных удобрений в среднем по всем полям севооборота были соответственно на 2,5—17 и 5—42 % ниже, а калия — на 4—52 % выше планируемых, что обусловлено значительно бóльшим, чем планировалось, потреблением калия и меньшим фосфора.

Во 2-й ротации севооборота фактическое использование азота, фосфора и калия растениями, особенно при обработке 2,4-Д и ретардантами, в основном соответствовало планируемому.

Фактические балансовые коэффициенты использования удобрений в севообороте (табл. 11) позволяют предположить, что в конце 1-й ротации севооборота в почве должно возрасти содержание подвижного фосфора в 3—5-м вариантах, особенно в 3-м, так как здесь наименьший коэффициент использования фосфора и, следовательно, наибольшее превышение количества внесенных удобрений над выносом этого элемента культурами за севооборот.

Содержание калия в почве в наибольшей степени может измениться во 2-м варианте.

Фактическое использование питательных элементов в севообороте при различных системах удобрения

Вариант	Хозяйственный вынос культурами, кг/га			Вносится с удобрениями, кг/га			Балансовый коэффициент, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-я ротация (4 года)									
1	334	125	459	—	—	—	—	—	—
	335	124	448						
2	428	149	644	285	275	425	111	54	152
	446	158	633				116	57	149
3	507	154	721	750	430	650	68	36	111
	512	158	686				68	37	106
4	494	151	716	750	290	650	66	52	110
	523	165	721				70	57	111
5	494	156	716	595	290	650	83	54	110
	504	154	679				85	53	104
2-я ротация (2 года)									
1	134	54	116	—	—	—	—	—	—
	137	58	123						
2	236	93	201	255	75	155	93	124	130
	246	100	212				96	133	137
3	240	92	217	375	105	220	64	88	99
	279	107	278				74	102	126
4	256	90	222	375	105	165	68	86	135
	307	103	280				82	98	170
5	262	87	220	375	85	165	70	102	133
	308	100	272				82	118	165

Примечание. Числитель — контроль, знаменатель — обработка 2,4-Д и ретардантами.

Анализы образцов почвы показали, что за 1-ю ротацию под действием расчетных норм удобрений в почве изменился ряд агрохимических показателей (табл. 12). Наибольший интерес представляют данные о содержании подвижных форм фосфора и калия. В вариантах без удобрений достоверно снизилось содержание обменного калия и наметилась тенденция к уменьшению количества подвижного фосфора. Напротив, в 3—5-м вариантах с максимальным насыщением удобрениями содержание подвижного фосфора и калия в пахотном горизонте достоверно возросло.

Количество подвижного фосфора увеличилось (с 15 до 22—23 мг на 100 г) в результате того, что вынос его урожаями был ниже (на 134—276 кг/га) поступления с удобрениями в 3—5-м вариантах, т. е. для увеличения содержания фосфора на 1 мг/100 г потребовалось 35—40 кг/га сверх выноса его культурами.

В отношении калия следует подчеркнуть, что, несмотря на превышение выноса его над количеством, поступившим с калийными удобрениями, содержание обменного калия повысилось на 2—5 мг на 100 г, тогда как в неудобренном варианте запасы калия заметно уменьшились (на 6 мг/100 г). Увеличение содержания обменного калия в почве связано с мобилизацией почвенных запасов калия под влиянием расчетных норм удобрений. Кроме того, растения, вероятно, использовали питательные элементы и из более глубоких слоев почвы. Под влиянием удобрений содержание подвижных форм фосфора (3-й и 5-й варианты) и калия (4-й и 5-й варианты) в слое почвы 20—40 см достоверно увеличилось, а в более глубоком слое почвы (40—60 см) несколько уменьшилось (табл. 12). Растения как бы перекачивали из глубоких слоев поч-

Агрохимические показатели почвы севооборота при различных системах удобрения

Вариант	pH _{сол}	H _Г	S	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
		мг-экв/100 г			мг/100 г		
В слое 0—20 см перед закладкой опыта, 1975 г.							
	6,0	1,2	17,4	94	15	19	1,68
В конце 1-й ротации севооборота, 1979 г.							
1	6,1	0,9	18,0	95	14	13	1,62
2	6,3	0,7	18,4	96	18	19	1,60
3	6,3	0,8	18,8	96	23	21	1,63
4	6,1	1,0	20,4	95	22	24	1,62
5	6,0	1,1	18,7	94	22	22	1,67
НСР ₀₅	0,3	0,26	1,80	1,5	6,8	3,2	0,08
В слое 20—40 см перед закладкой опыта, 1975 г.							
	4,3	4,84	9,7	67	4,9	8,7	0,71
В конце 1-й ротации севооборота, 1979 г.							
1	5,4	2,83	12,0	81	5,0	8,0	0,93
2	5,2	1,83	13,7	88	5,0	9,5	0,90
3	5,4	2,08	12,8	86	6,9	9,5	0,89
4	5,3	1,92	13,8	88	6,1	10,6	0,95
5	5,2	2,79	12,7	82	6,5	10,6	0,89
НСР ₀₅	0,5	2,00	1,6	8,1	1,5	2,5	0,17
В слое 40—60 см перед закладкой опыта, 1975 г.							
	4,0	6,56	10,6	62	7,1	9,5	—
В конце 1-й ротации севооборота, 1979 г.							
1	4,4	2,71	11,9	81	3,4	8,1	—
2	4,1	4,08	12,9	76	4,0	8,4	—
3	4,1	4,08	12,0	75	3,1	8,6	—
4	4,1	3,91	12,4	76	4,0	8,8	—
5	4,1	4,71	12,6	73	3,7	8,7	—
НСР ₀₅	0,6	1,30	1,8	6,1	0,8	0,65	—

вы питательные вещества и аккумулировали их в верхних слоях в виде пожнивных остатков.

Таким образом, системы удобрения, рассчитанные с помощью балансовых коэффициентов, позволяют не только получать равные планируемым или близкие к ним урожаи, но и улучшить плодородие почвы, т. е. прогнозировать почвенное плодородие.

В результате применения расчетных норм удобрений в севообороте в сочетании с 2,4-Д и ретардантами во 2-й ротации чистый доход с 1 га пашни в 3—5-м вариантах увеличился до 667—682 руб. Рентабельность производства повысилась при этом до 150—160 %, а окупаемость дополнительных затрат — до 4,5—4,7 руб.

Выводы

1. Применение рассчитанных балансовым методом норм удобрений под сельскохозяйственные культуры 4-польного севооборота на дерново-подзолистой среднесуглинистой окультуренной почве Подмоскovie в течение 1-й и трех лет 2-й ротации обеспечило получение урожаев, равных и более высоких, чем планируемые 1-го уровня (зерна — 30 ц/га, сена — 50 и картофеля — 200 ц/га). Урожай 2-го планируемого уровня (зерна — 40—50 ц/га, сена — 70 и картофеля — 300 ц/га) достигнуты по селу в среднем за 7 лет, по зерну и картофелю — в среднем за 5 лет.

2. Суммарная продуктивность севооборота при совместном применении расчетных норм удобрений, 2,4-Д и ретардантов в 1976—1981 гг. превышала первый планируемый уровень (45 ц корм. ед. на 1 га) и приближалась ко второму (65 ц корм. ед. на 1 га).

3. Получение устойчивых высоких урожаев зерновых культур (40—45 ц/га) в условиях Московской области возможно только при сочета-

нии расчетных норм удобрений с принятыми в практике гербицидами и ретардантами, что приводит к резкому снижению количества сорняков в посевах.

4. В результате внесения расчетных норм удобрений повысилось содержание азота и калия в основной и побочной продукции всех культур севооборота; содержание фосфора при этом изменилось в меньшей степени. Потребление азота, фосфора и калия на создание единицы товарной и соответствующего количества побочной продукции в среднем в благоприятные годы 1-й и 2-й ротации под влиянием систем удобрения, а также гербицида и ретардантов (зерновые культуры) составило: у озимой пшеницы — соответственно 37; 12 и 29 кг; у ячменя — 50; 18 и 55; у картофеля (на 100 ц) — 52; 15 и 86; у горохоовсяной смеси — 28; 8 и 32 кг.

5. Во 2-ю ротацию севооборота на участках, обработанных 2,4-Д и ретардантами, использование культурами азота и фосфора удобрений практически соответствовало планируемому.

6. Применение рассчитанных балансовым методом норм удобрений положительно сказалось на некоторых агрохимических свойствах почвы: существенно увеличилось содержание подвижного фосфора (с 15 до 22—23 мг на 100 г) и калия (с 19 до 21—24 мг на 100 г) в пахотном горизонте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багаев В. Б., Жуков Ю. П., Казадаева Л. В., Реутов А. В. Продуктивность культур в севообороте при системах удобрения, рассчитанных балансовым методом, на хорошо окультуренной дерново-подзолистой почве. — Тр. ВИУА, 1980, вып. 9, с. 111—121. — 2. Глухов Н. И. Эффективность балансовых систем удобрения в севообороте. — Автореф. канд. дис. М., 1979. — 3. Жуков Ю. П. О рациональном удобрении орошаемых пастбищ. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 1, с. 85—90. — 4. Жуков Ю. П. Эффективность балансовых систем удобрения в полевом севообороте. — В кн.: Итоги работы Географ. сети опытов с удобр. и пути повышения эффект. применения удобр. в Нечерноземной зоне. М.: ВИУА, 1977, с. 23—24. — 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—53. — 6. 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. — 7. Казадаева Л. В. Обоснование параметров для получения плановых урожаев культур севооборота при использовании систем удобрения, рассчитанных балансовым методом. — Автореф. канд. дис. М., 1979. — 8. Комков В. П. Эффективность удобрений в севообороте на дерново-подзолистых почвах при рассчитанной балансовым методом системе их применения. — Автореф. канд. дис. М., 1981. — 9. Нечушкин С. М. Продуктивность культур севооборота на дерново-подзолистой почве при системах удобрения, рассчитанных балансовым методом на получение плановых урожаев. — Автореф. канд. дис. М., 1980.

Статья поступила 6 июня 1983 г.

SUMMARY

Possibility of obtaining planned yields of farm crops in 4-field rotation under combined application of calculated rates of fertilizers, 2,4-D and retardants was studied in a stationary field experiment on soddy-podzolic medium loam well-cultivated soils. The article shows influence of fertilizers on yields of certain crops and crop rotation productivity, nutrient consumption by plants and effective soil fertility. Actual chemical composition and consumption of nutrients by plants are compared with pre-planned indices. Separate indices of economic efficiency of applying fertilizers, herbicides and retardants in crop rotation are calculated.