

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ, РАССЧИТАННЫХ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО НОРМАТИВНОГО БАЛАНСА

В. А. ДЕМИН, Н. И. ДЕМИН, С. М. ЛЕПШИН

(Кафедра агрономической и биологической химии)

**Показана возможность определения оптимального уровня применения удобрений с целью получения в 8-польном севообороте планируемой урожайности сельскохозяйственных культур. Приводятся данные об изменении качества продукции и уровня плодородия серой лесной почвы при различных системах удобрения, рассчитанных балансовым методом.**

При интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур важное значение имеет применение научно обоснованных систем удобрения, позволяющих получать высокие планируемые урожаи с учетом изменения качества продукции, баланса питательных веществ в почве и обеспечения охраны окружающей среды [2]. Целью наших опытов являлось определение оптимального уровня применения удобрений, дающего возможность получать планируемые урожаи сельскохозяйственных культур необходимого качества, а также установление изменения основных агрохимических показателей почвы.

### Методика

Исследования проводили в 1986—1988 гг. на опытном поле учхоза «Дружба» Переславского района Ярославской области.

Метеорологические условия вегетационных периодов были различными (табл. 1). Так, 1986 г. в целом оказался благоприятным для возделывания сельскохозяйственных культур, особенно для яровых зерновых. Веге-

тационный период 1987 г. отличался избыточным увлажнением и сравнительно низкой температурой воздуха, что отрицательно сказалось на урожае клубней картофеля и сена однолетних трав. Третий год исследований (1988) оказался засушливым, постоянно наблюдался недостаток влаги при высокой температуре воздуха (более 30 °С) в июне и июле,

что обусловило снижение урожая зерна ячменя и сена однолетних трав. Однако урожай клубней картофеля и сена многолетних трав были довольно высокими.

Полевые опыты проводили на темно-серой лесной среднесуглинистой почве. Пахотный слой (0—20 см) перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями почвы: содержание гумуса (по Тюрину) — 4,2 %;  $pH_{\text{сол}}$  — 6,3;  $H_r$  — 2,55 мг и сумма поглощенных оснований — 20,6 мг-экв/100 г; содержание фосфора и калия (по Кирсанову) — соответственно 10,0 и 22,0 мг на 100 г.

Опыт расположен на 8 полях, повторность — 4-кратная. Общая площадь делянки — 378 м<sup>2</sup>, учетная — 180 м<sup>2</sup>.

В севообороте выращивали вику сорта Льговская, горох — Немецкий кормовой, овес — Геркулес, озимую пшеницу — Звезда, озимую рожь — Чулпан, ячмень — Белогорский, картофель — Лорх, клевер — Мурино. В 1986 г. при введении севооборота многолетние травы заменяли однолетними, а озимую пшеницу и озимую рожь — ячменем. Навоз вносили под картофель (50 т/га) и озимую рожь (30 т/га), или в среднем 10 т на 1 га севооборота. В навозе содержалось в среднем: N — 0,4 % (0,38—0,40), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,2 (0,23—0,18) и K<sub>2</sub>O — 0,5 % (0,47—0,51) на сырую массу.

Схема опыта (табл. 2) включала 4 варианта: 1-й вариант (контроль) — без удобрений; 2-й — минеральные

удобрения в расчете на получение 1-го уровня урожайности; 3-й — минеральные удобрения на фоне навоза (в среднем 10 т на 1 га) в расчете на получение 2-го уровня урожайности; 4-й вариант — минеральные удобрения на фоне навоза (в среднем 10 т на 1 га) в расчете на 3-й уровень урожайности.

Сельскохозяйственные культуры возделывали по интенсивной технологии, разработанной для данной зоны. В процессе вегетации применяли рекомендованные средства защиты растений от сорняков, вредителей и болезней, а также стимуляторы роста. Урожай учитывали сплошным методом. Влажность зерна и сена приводили к стандартной — соответственно 14 и 16 %. Для статистической обработки данных использовали дисперсионный метод.

Содержание азота в растительных образцах определяли фотоколориметрически с реактивом Несслера и микрометодом Кьельдаля, фосфора — по Мерфи—Райли, калия — на пламенном фотометре, крахмала в клубнях картофеля — по Эверсу, аскорбиновой кислоты — по И. Мурри, каротина в кормах — по Цирелю, а клетчатки — на инфракрасном спектре в свежих растительных образцах — ионселективным методом.

В почвенных образцах содержание гумуса определяли по Тюрину, гидродитическую кислотность — по Каппену, сумму поглощенных оснований — по Каппену — Гильковичу, количество подвижных форм фосфора и калия — по Кирсанову [4].

Т а б л и ц а 2

Метеорологические условия в вегетационные периоды 1986 — 1988 гг.

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
<i>Средняя температура воздуха, °С</i>					
1986	12,4	17,2	18,0	15,1	10,2
1987	9,2	14,3	15,6	13,7	8,4
1988	12,8	18,6	21,0	15,7	10,4
Средне многолетняя	11,5	15,0	17,4	15,5	10,0
<i>Сумма осадков, мм</i>					
1986	42	73	82	68	85
1987	105	110	113	94	93
1988	19	27	13	36	20
Средне многолетняя	46	68	85	73	61

Нормы удобрений в севообороте (кг д. в. на 1 га) под урожай 1986 г. (числитель), 1987 (знаменатель) и 1988 г. (сбоку)

№ поля	1986 г.	1987 г.	1988 г.	Вариант опыта											
				2			3			4					
				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	Ячмень + мн. травы пользования	Одн. травы + мн. тра- вы (сено)	Мн. травы 1-го года пользования	50 50	60 40	50 30	90 100	70 40	150 40	45 90	90 140	270 —	80 90		
2	Мн. травы 1-го года пользования	Одн. травы (сено)	Оз. пшеница	40 40	50 40	65 60	80 70	140 95	100 70	50 60	120 100	150 75	80 70		
3	Мн. травы 2-го года пользования	Оз. пшеница	Картофель	40 60	100 70	45 60	80 140	105 125	100 170	50 55	120 170	165 140	80 60		
4	Оз. пшеница (ячмень)	Картофель	Овес (зел. масса) + одн. травы	95 110	110 40	20 70	150 120	70 —	150 80	60 —	200 180	100 20	125 80		
5	Картофель	Овес	Одн. травы (зел. мас- са)	140 50	120 —	90 20	160 40	20 70	120 60	— —	240 100	55 100	160 —		
6	Овес	Одн. травы (зел. мас- са)	Оз. рожь	65 40	35 30	30 50	160 60	55 30	110 30	30 45	200 95	115 50	80 60		
7	Одн. травы (зел. мас- са)	Оз. рожь	Ячмень + мн. травы	65 30	35 40	85 50	120 20	80 45	120 150	60 50	180 130	— 50	100 60		
8	Оз. рожь	Ячмень + мн. травы пользования	Мн. травы 1-го года пользования	45 60	85 —	— 95	90 20	65 —	50 150	30 —	170 95	100 170	— 80		

Примечание. Навоз вносили в 3-м и 4 вариантах: под картофель — 50 т/га, озимую рожь — 30 т/га. В 1986 г. во 2-м и 3-м полях многолетние травы были заменены однолетними травами (сено), в 4-м поле вместо озимой пшеницы высевали ячмень, в 8-м поле ячмень высевали вместо озимой ржи.

Урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте (т/га) в среднем за 1986—1988 гг. (в числителе—средняя урожайности, в скобках—планируемая; в знаменателе—колебания урожайности по годам)

Культура	Вариант опыта				НСР <sup>0.5</sup>
	1	2	3	4	
Ячмень + мн. травы*	1,6 (2,0) 1,4—1,8	2,2 (3,0) 2,0—2,4	2,7 (3,5) 2,7—2,8	3,0 (3,5) 2,9—3,1	0,3
Мн. травы 1-го года пользования (сено)**	5,7 (3,5) 2,6 (2,0)	6,4 (5,5) 3,7 (3,5)	7,3 (7,0) 4,8 (4,5)	8,2 (8,0) 5,0 (5,0)	0,4
Оз. пшеница*	2,5—2,7 18,8 (12,0)	3,6—3,8 25,3 (22,0)	4,7—4,9 31,3 (30,0)	4,7—5,2 35,2 (35,0)	0,4
Картофель	13,6—23,9 2,5 (2,0)	18,2—31,7 3,4 (3,0)	25,3—35,7 4,4 (4,5)	28,8—40,2 4,8 (5,0)	2,1
Овес*	2,3—2,6 17,1 (17,0)	3,4 (3,0) 24,7 (25,0)	4,3—4,5 29,6 (30,0)	4,7—4,9 34,1 (35,0)	0,2
Одн. травы (зел. масса)	14,2—21,7 2,8 (2,0)	19,8—30,5 3,6 (3,0)	24,9—36,7 4,2 (4,0)	31,9—38,9 4,2 (5,0)	1,8
Оз. рожь*	2,7—2,9 3,5 (3,5)	5,6 (5,5)	6,7 (7,0)	7,5 (8,0)	0,3
Одн. травы (сено)	3,3—3,8 2,6 (2,0)	5,4—5,8 4,0 (3,5)	6,1—7,5 4,9 (4,5)	7,3—7,9 5,3 (5,5)	0,4
Ячмень**					0,3

\* Данные за 2 года.

\*\* Данные за 1 год.

### Результаты

Применение 1-го уровня минерального питания (138 кг д. в. на 1 га севооборота — 2-й вариант) обеспечило получение существенной прибавки урожая в среднем за 3 года по сравнению с контролем (табл. 3): клубней картофеля — 6,5 т/га, сена многолетних трав — 0,7, сена однолетних трав — 2,1, зеленой массы однолетних трав — 7,6, зерна ячменя — 1,4, овса — 0,9, озимой пшеницы — 1,1 и озимой ржи — 0,8 т/га.

Во всех вариантах получены планируемые урожай озимой пшеницы, ячменя, овса, однолетних трав на сено и зеленую массу, а урожайность картофеля, озимой ржи и многолетних трав была выше планируемой соответственно на 15, 20 и 16 %. В то же время фактическая урожайность ячменя с подсевом трав во всех вариантах опыта оказалась ниже запланированной.

При совместном применении минеральных удобрений и навоза (всего 297 кг NPK на 1 га, 3-й вариант) урожайность культур севооборота увеличилась на 14—20 % по сравнению с таковой во 2-м варианте опыта. Получены планируемые урожай ячменя, овса, озимой ржи и озимой пшеницы, картофеля и многолетних трав, а урожайность однолетних трав была близка к планируемой.

Максимальная урожайность всех культур севооборота отмечена в 4-м варианте, или при использовании 3-го уровня мине-

Таблица 4

Продуктивность севооборота и окупаемость удобрений в среднем за 1986—1988 гг.

Показатель	Вариант опыта				НСР <sub>в</sub>
	1	2	3	4	
Продуктивность, т корм. ед./га:					
планируемая	2,7	4,3	5,6	6,3	—
фактическая	3,3	4,6	5,5	6,0	0,3
Количество внесенных питательных веществ, кг д. в. на 1 га	—	138	207	383	—
Окупаемость 1 кг д. в. удобрений, корм. ед.	—	9,4	7,4	7,0	—

и планируемой в среднем за 3 года урожай всех культур севооборота составили 68—82 % планируемых урожней.

В опыте не исчерпаны возможности получения высоких урожаев картофеля и зерновых культур, однолетних и многолетних трав, что подтверждается высоким приростом урожайности в 4-м варианте по сравнению с таковым в 3-м варианте.

Продуктивность севооборота была максимальной (6,0 т корм. ед./га) в 4-м варианте (табл. 4) при совместном применении навоза (10 т/га) и минеральных удобрений (в среднем на 1 га количество внесенных питательных веществ составило 383 кг д. в.). При использовании одних минеральных удобрений (138 кг NPK в среднем на 1 га) продуктивность севооборота оказалась на 1,4 т корм. ед. ниже. Фактическая продуктивность во всех вариантах опыта приближалась к планируемой.

В среднем по севообороту за 3 года исследований окупаемость 1 кг д. в. удобрений была высокой (7,0—9,4 корм. ед.). Как и следовало ожидать, увеличение норм удобрений приводило к снижению их окупаемости.

При увеличении норм удобрений абсолютное содержание сырого белка в зерне яровых культур слабо изменялось, оно практически не повышалось (0,2—0,6 %) при минеральной системе удобрения (2-й вариант) по сравнению с контролем и возрастало на 1,5—3,9 % при навозно-минеральной (4-й; табл. 5).

При использовании возрастающих норм удобрений содержание сухого вещества в клубнях картофеля по сравнению с контролем снижалось на 1,3—4,6 %, крахмала — на 0,8—2,6 % (табл. 6). Содержание сырого белка и витамина С в клубнях картофеля заметно возрастало. Уровень нитратов в клубнях картофеля был ниже предельно допустимого — 80 мг на 1 кг сухой массы (табл. 6). Исключение составило максимальное их накопление в 4-м варианте в 1987 г. — 82,5 мг/кг, что связано прежде всего с неблагоприятными погодными условиями. Если

рального питания по фону 10 т навоза на 1 га (в среднем 383 кг д. в. удобрений), где достигнута планируемая и близкая к планируемой урожайность озимой пшеницы, овса, ячменя, картофеля и многолетних трав. Ниже планируемого уровня из-за неблагоприятных погодных условий и полегания растений оказалась урожайность однолетних трав и озимой ржи.

Несмотря на существенные различия фактической урожайности в годы исследований

Т а б л и ц а 5

Содержание сырого белка в зерне яровых культур в среднем за 1986—1988 гг.  
(% на абсолютно сухую массу)

Культура	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
	1	2	3	4	
Ячмень	8,9	9,3	11,0	11,9	0,4
Овес	10,0	10,4	11,0	11,5	0,5
Ячмень + мн. травы	8,6	8,9	10,2	11,6	0,4

Т а б л и ц а 6

Качество клубней картофеля в среднем за 3 года (1986—1988 гг.)

Показатель	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
	1	2	3	4	
Сырой белок, % на абсолютно сухую массу	9,6	10,4	12,5	13,9	0,6
Сухое вещество, %	23,5	22,3	21,5	20,2	0,6
Крахмал, %*	15,8	15,0	14,4	13,9	0,5
Витамин С, мг%*	14,5	14,7	15,0	15,3	0,4
Нитраты, мг/кг*	21,4	33,8	52,4	62,0	4,4

\* На сырую массу.

учесть, что временная ПДК нитратов картофеля равняется 250 мг/кг, то можно утверждать, что в опыте получены экологически чистые клубни.

За 3 года наилучшие показатели качества клубней картофеля были в 1988 г., что связано с более благоприятными погодными условиями и лучшей вызреваемостью клубней.

По мере увеличения норм удобрений содержание сырого белка в сене однолетних и многолетних трав возрастало в 1,2—1,5 раза. При этом содержание каротина в сене однолетних трав увеличивалось на 7,0—10,3 мг/кг, в сене многолетних трав — на 16,1—28,1 мг/кг, а содержание клетчатки практически не изменялось (табл. 7).

В среднем за 3 года содержание нитратов в сене однолетних и многолетних трав значительно уступало ПДК (500 мг NO<sub>3</sub>/кг). Однако возрастающие нормы удобрений по сравнению с контролем увеличивали содержание нитратов в кормах в 3,6—5,3 раза (табл. 7).

В результате повышения норм удобрений под озимую пшеницу (1987—1988 гг.) содержание сырого белка в зерне возросло на 0,8—1,8 %, сырой клейковины — на 4,6—6,9, стекловидность зерна увеличилась на 2—7 % по сравнению с контролем (табл. 8).

Внесение удобрений приводило к некоторому снижению массы 1000 зерен и повышению группы качества клейковины.

Таблица 7

Качество сена вики с овсом в 1986 г. (числитель), гороха с овсом в 1987 г. (знаменатель) и многолетних трав 1-го года пользования в 1988 г. (в скобках)

Показатель	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
	1	2	3	4	
Содержание, % на абсолютно сухую массу:					
сырого белка	$\frac{12,2}{12,0}$ (15,7)	$\frac{15,4}{14,9}$ (16,5)	$\frac{18,0}{15,8}$ (17,2)	$\frac{18,3}{17,4}$ (17,5)	$\frac{0,6}{0,7}$ (0,5)
клетчатки	$\frac{25,6}{24,3}$ (29,2)	$\frac{26,4}{24,8}$ (28,6)	$\frac{24,8}{25,0}$ (31,8)	$\frac{25,2}{24,9}$ (30,4)	$\frac{0,3}{0,5}$ (0,7)
Содержание, мг на 1 кг воздушно-сухой массы:					
каротина	$\frac{9,0}{14,2}$ (37,6)	$\frac{16,2}{17,4}$ (53,7)	$\frac{17,4}{19,7}$ (55,5)	$\frac{19,3}{21,2}$ (65,7)	$\frac{0,4}{0,4}$ (2,6)
нитратов	$\frac{53}{84}$ (51)	$\frac{145}{179}$ (72)	$\frac{207}{252}$ (115)	$\frac{281}{314}$ (188)	$\frac{9,2}{5,8}$ (9,8)

При некорневой подкормке 30 %-ным раствором мочевины (40 кг N на 1 га) в фазу колошение — цветение содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы увеличилось на 0,6—1,6 %, сырой клейковины — на 0,5—3,4 %, в итоге повысилась группа качества клейковины. Однако изменение содержания сырого белка менее чем на 0,3—0,4 % и сырой клейковины на 1,1—1,2 % оказалось математически недостоверным (табл. 8).

В вариантах с возрастающими нормами удобрений содержа-

Таблица 8

Качество зерна озимой пшеницы в 1987 г. (числитель) и 1988 г. (знаменатель) при некорневой подкормке мочевиной и без подкормки (в скобках)

Показатель	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
	1	2	3	4	
Сырой белок, %	$\frac{11,4}{13,3}$ (10,8)	$\frac{12,8}{13,6}$ (11,6)	$\frac{13,7}{14,0}$ (12,2)	$\frac{14,2}{14,6}$ (12,6)	$\frac{0,4}{0,5}$ (0,3)
Сырая клейковина:					
содержание, %	$\frac{21,5}{26,0}$ (19,7)	$\frac{24,6}{26,9}$ (23,8)	$\frac{26,4}{28,1}$ (25,9)	$\frac{27,8}{28,8}$ (26,6)	$\frac{1,3}{1,1}$ (1,2)
качество, ед. ИДК	$\frac{78}{80}$	$\frac{77}{82}$	$\frac{79}{85}$	$\frac{78}{94}$	—
группа качества	$\frac{II}{II}$	$\frac{II}{II}$	$\frac{II}{I}$	$\frac{I}{I}$	—
Стекловидность, %	$\frac{49}{52}$	$\frac{51}{54}$	$\frac{54}{57}$	$\frac{56}{56}$	—
Масса 1000 зерен, г	$\frac{32,0}{32,6}$	$\frac{28,2}{31,9}$	$\frac{28,7}{31,5}$	$\frac{29,9}{31,0}$	$\frac{1,2}{0,9}$
Натура, г/л	$\frac{768}{780}$	$\frac{780}{787}$	$\frac{772}{784}$	$\frac{778}{789}$	—

Таблица 9

Качество зерна озимой ржи в 1987 г. (числитель) и в 1988 г. (знаменатель)

Показатель	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
	1	2	3	4	
Содержание сырого белка, %	9,0	9,7	10,6	12,7	0,6
	8,7	9,3	9,5	9,9	0,5
Масса 1000 зерен, г	34,4	34,0	32,8	32,4	1,4
	35,0	34,8	33,3	32,8	2,0
Натура, г/л	632	635	649	642	1,8
	638	640	650	646	1,7
Общая стекловидность, %	25	25	26	26	—
	26	27	27	28	—
Общий выход муки, %	64	60	59	58	—
	68	66	64	66	—

ние сырого белка в зерне озимой ржи увеличилось на 1,2—3,7 %, несколько снизилась масса 1000 зерен, стекловидность, натура зерна и выход муки существенно не изменились по сравнению с контролем (табл. 9).

По мере повышения норм удобрений в урожае прежде всего возрастало содержание азота и калия, в меньшей степени — фосфора (табл. 10).

В среднем по севообороту за 3 года максимальное относительное увеличение содержания азота в вариантах с удобрениями в основной продукции составило 40 %, в побочной — 25, фосфора — соответственно 15 и 25, калия — 22 и 32 %.

Под воздействием удобрений в среднем за 3 года вынос азота на 1 т основной продукции (с учетом побочной) повышался на 15—50 %, фосфора — на 7—24, калия — на 8—27 % (табл. 11), причем этот показатель увеличивался за счет повышения как содержания элементов питания в урожае, так и доли побочной продукции при высоких нормах удобрений (прежде всего азотных).

По мере увеличения продуктивности севооборота в вариантах с возрастающими нормами удобрений складывался наиболее интенсивный баланс питательных веществ (табл. 12). При навозно-минеральных системах удобрения (3-й и 4-й варианты) относительный баланс азота составлял 119—129 %, фосфора — 189—212 и калия — 48—56 % к выносу. При внесении одних минеральных удобрений (2-й вариант) баланс элементов питания был несколько ниже запланированного и составлял по азоту 76 %, фосфору — 132, калию — 33 % к выносу (табл. 12).

За 3 года исследований при использовании удобрений в севообороте величина рН<sub>сол</sub> была несколько меньше, чем в неудобренном варианте опыта (табл. 13). Дополнительное внесение навоза (10 т/га практически не отразилось на кислотности почвен-



Среднее содержание азота, фосфора и калия (% на абсолютно сухую массу)  
за 1986—1988 гг. (числитель—основная продукция, знаменатель—побочная)

Культура	Элемент питания	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
		1	2	3	4	
Картофель	N	<u>1,53</u>	<u>1,67</u>	<u>2,02</u>	<u>2,24</u>	<u>0,04</u>
		<u>1,61</u>	<u>1,78</u>	<u>2,01</u>	<u>2,18</u>	<u>0,03</u>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,52</u>	<u>0,53</u>	<u>0,61</u>	<u>0,66</u>	<u>0,04</u>
		<u>0,47</u>	<u>0,50</u>	<u>0,52</u>	<u>0,58</u>	<u>0,05</u>
K <sub>2</sub> O	<u>2,68</u>	<u>2,89</u>	<u>3,07</u>	<u>3,22</u>	<u>0,03</u>	
	<u>2,40</u>	<u>2,52</u>	<u>2,79</u>	<u>3,21</u>	<u>0,03</u>	
Одн. травы (сено)	N	<u>1,93</u>	<u>2,45</u>	<u>2,81</u>	<u>2,86</u>	<u>0,05</u>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,72</u>	<u>0,79</u>	<u>0,85</u>	<u>0,91</u>	<u>0,03</u>
Одн. травы (зел. масса)	K <sub>2</sub> O	<u>2,87</u>	<u>2,93</u>	<u>2,97</u>	<u>3,05</u>	<u>0,03</u>
	N	<u>1,62</u>	<u>1,96</u>	<u>2,09</u>	<u>2,38</u>	<u>0,04</u>
Мн. травы (сено)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,66</u>	<u>0,71</u>	<u>0,74</u>	<u>0,82</u>	<u>0,03</u>
		<u>2,39</u>	<u>2,61</u>	<u>2,65</u>	<u>2,73</u>	<u>0,03</u>
	N	<u>2,51</u>	<u>2,63</u>	<u>2,76</u>	<u>2,80</u>	<u>0,04</u>
	K <sub>2</sub> O	<u>0,66</u>	<u>0,68</u>	<u>0,69</u>	<u>0,72</u>	<u>0,03</u>
Ячмень	N	<u>2,21</u>	<u>2,28</u>	<u>2,32</u>	<u>2,47</u>	<u>0,03</u>
		<u>1,51</u>	<u>1,55</u>	<u>1,80</u>	<u>2,06</u>	<u>0,04</u>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,70</u>	<u>0,83</u>	<u>0,79</u>	<u>0,88</u>	<u>0,03</u>
		<u>0,77</u>	<u>0,85</u>	<u>0,98</u>	<u>1,08</u>	<u>0,04</u>
K <sub>2</sub> O	<u>0,26</u>	<u>0,28</u>	<u>0,32</u>	<u>0,37</u>	<u>0,02</u>	
	<u>0,61</u>	<u>0,65</u>	<u>0,69</u>	<u>0,74</u>	<u>0,03</u>	
Овес	N	<u>1,25</u>	<u>1,46</u>	<u>1,53</u>	<u>1,60</u>	<u>0,03</u>
		<u>1,74</u>	<u>1,82</u>	<u>1,92</u>	<u>2,03</u>	<u>0,04</u>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,73</u>	<u>0,78</u>	<u>0,84</u>	<u>0,95</u>	<u>0,03</u>
		<u>0,62</u>	<u>0,67</u>	<u>0,74</u>	<u>0,80</u>	<u>0,04</u>
K <sub>2</sub> O	<u>0,43</u>	<u>0,45</u>	<u>0,48</u>	<u>0,50</u>	<u>0,03</u>	
	<u>0,42</u>	<u>0,45</u>	<u>0,48</u>	<u>0,52</u>	<u>0,03</u>	
Оз. пшеница	N	<u>1,36</u>	<u>1,57</u>	<u>1,68</u>	<u>1,96</u>	<u>0,05</u>
		<u>2,14</u>	<u>2,24</u>	<u>2,34</u>	<u>2,43</u>	<u>0,04</u>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,41</u>	<u>0,44</u>	<u>0,49</u>	<u>0,51</u>	<u>0,03</u>
		<u>0,73</u>	<u>0,86</u>	<u>0,89</u>	<u>1,01</u>	<u>0,04</u>
K <sub>2</sub> O	<u>0,27</u>	<u>0,33</u>	<u>0,35</u>	<u>0,37</u>	<u>0,03</u>	
	<u>0,52</u>	<u>0,56</u>	<u>0,58</u>	<u>0,61</u>	<u>0,03</u>	
Оз. рожь	N	<u>1,56</u>	<u>1,63</u>	<u>1,66</u>	<u>1,78</u>	<u>0,04</u>
		<u>1,55</u>	<u>1,67</u>	<u>1,76</u>	<u>1,93</u>	<u>0,06</u>
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,44</u>	<u>0,47</u>	<u>0,51</u>	<u>0,63</u>	<u>0,03</u>
		<u>0,75</u>	<u>0,83</u>	<u>0,83</u>	<u>0,91</u>	<u>0,04</u>
K <sub>2</sub> O	<u>0,42</u>	<u>0,44</u>	<u>0,43</u>	<u>0,48</u>	<u>0,02</u>	
	<u>0,70</u>	<u>0,71</u>	<u>0,75</u>	<u>0,77</u>	<u>0,03</u>	
		<u>1,60</u>	<u>1,64</u>	<u>1,63</u>	<u>1,74</u>	<u>0,03</u>

ного раствора (3-й и 4-й варианты). Гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований при этом практически не изменялись.

Содержание подвижных форм фосфора в слое почвы 0—20 см в вариантах с удобрениями превышало контроль и по годам изменялось в зависимости от норм удобрений, а содержание подвижного калия в почве не снижалось. Даже при сильно отрицательном балансе калия содержание подвижных форм этого эле-

Таблица 11

Средний вынос азота, фосфора и калия на 1 т основной продукции (с учетом побочной) за 1986—1988 гг. (кг)

Культура	Элемент питания	Вариант опыта			
		1	2	3	4
Картофель	N	5,2	5,4	5,9	6,1
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,6	1,7	1,8	1,8
	K <sub>2</sub> O	8,3	8,4	8,9	9,0
Одн. травы (сено)	N	16,1	20,4	23,5	24,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,9	6,6	7,1	7,6
	K <sub>2</sub> O	23,2	23,8	24,8	25,6
Одн. травы (зел. масса)	N	3,2	3,8	4,1	4,5
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,3	1,4	1,4	1,5
	K <sub>2</sub> O	4,7	5,0	5,1	5,2
Мн. травы 1-го года пользования (сено)	N	21,1	22,1	23,2	23,5
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,5	5,7	5,8	6,1
	K <sub>2</sub> O	21,6	22,2	24,5	25,7
Ячмень	N	23,8	25,3	26,5	31,4
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10,9	11,5	12,0	13,3
	K <sub>2</sub> O	21,0	21,8	22,2	23,4
Овес	N	25,7	27,1	28,2	29,8
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12,6	12,8	13,2	13,6
	K <sub>2</sub> O	29,0	30,9	32,2	32,9
Оз. пшеница	N	23,3	25,1	26,2	27,3
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10,1	11,9	13,3	14,3
	K <sub>2</sub> O	23,7	24,9	25,4	28,7
Оз. рожь	N	21,7	21,7	22,8	25,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11,4	12,3	12,0	13,5
	K <sub>2</sub> O	25,3	25,8	26,1	27,8

мента в слое почвы 0—20 см в 1988 г. (т. е. за 3 года) резко не уменьшилось по сравнению с исходным его содержанием (табл. 13).

Таблица 12

Хозяйственный баланс азота, фосфора и калия в севообороте (в среднем за 1986—1988 гг.)

Показатель	Вариант опыта			
	1	2	3	4
N				
Внесено с удобрениями, семенами, кг/га	31	204	419	543
Вывесено урожаем, кг/га	177	268	350	421
Баланс:				
кг/га	-146	-64	69	122
% к выносу	17	76	119	129
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
Внесено с удобрениями, семенами, кг/га	5	150	280	371
Вывесено урожаем, кг/га	77	114	148	175
Баланс:				
кг/га	-72	36	132	196
% к выносу	6	132	189	212
K <sub>2</sub> O				
Внесено с удобрениями, семенами, кг/га	25	123	260	309
Вывесено урожаем, кг/га	252	369	463	535
Баланс:				
кг/га	-227	-246	-203	-226
% к выносу	10	33	56	48

Изменение агрохимических показателей почвы (в слое 0—20 см) в среднем по севообороту за 1986—1988 гг.

Показатель	Вариант опыта			
	1	2	3	4
<i>1986 г.</i>				
pH <sub>сол</sub>	6,30	6,27	6,24	6,20
N <sub>г</sub> , мг·экв/100 г	2,47	2,58	2,61	2,66
S, %	20,7	20,6	20,4	19,8
Содержание (по Кирсанову), мг/100 г:				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,9	10,6	11,2	11,9
K <sub>2</sub> O	21,6	21,3	20,9	20,7
Гумус, %	4,02	3,95	4,32	4,41
<i>1987 г.</i>				
pH <sub>сол</sub>	6,27	6,22	6,19	6,08
N <sub>г</sub> , мг·экв/100 г	2,51	2,60	2,66	2,69
S, %	20,5	20,5	20,3	19,6
Содержание (по Кирсанову), мг/100 г:				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,8	10,8	11,7	12,5
K <sub>2</sub> O	21,3	20,9	20,6	20,4
Гумус, %	—	—	—	—
<i>1988 г.</i>				
pH <sub>сол</sub>	6,26	6,17	6,19	6,16
N <sub>г</sub> , мг·экв/100 г	2,50	2,67	2,70	2,72
S, %	20,8	20,4	20,0	19,5
Содержание (по Кирсанову), мг/100 г:				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,7	11,1	11,9	13,0
K <sub>2</sub> O	21,5	21,2	21,2	20,9
Гумус, %	—	—	—	—
<p>Примечание. Перед закладкой опыта в 1986 г. значение pH<sub>сол</sub> в слое 0—20 см было 6,3, N<sub>г</sub>—2,55 мг·экв/100 г, S—20,8 мг·экв/100 г, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O—соответственно 10,0 и 22,0 мг/100 г (по Кирсанову).</p>				

### Выводы

1. Продуктивность полевого севооборота на темно-серой лесной среднесуглинистой почве со средним и высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия при использовании минеральной системы удобрения (138 кг д. в. в среднем на 1 га) в среднем за 3 года (1986—1988) составила 4,6 корм. ед. с 1 га. Максимальная продуктивность севооборота (6,0 т корм. ед. с 1 га) была при навозно-минеральной системе удобрения (383 кг НРК на 1 га).

2. При минеральной системе удобрения, рассчитанной на получение 1-го уровня урожайности, в среднем за 1986—1988 гг. достигнут планируемый уровень урожайности озимой пшеницы, ячменя, овса, однолетних трав; урожайность картофеля, озимой ржи, многолетних трав была выше планируемой (на 15—20%), ячменя с подсевом трав — ниже (на 25%). При совместном вне-

сении минеральных и органических удобрений (383 кг д. в. НРК в среднем на 1 га) фактическая урожайность озимой пшеницы, овса, ячменя, картофеля и многолетних трав в среднем за 3 года исследований оказалась близкой к планируемой, озимой ржи, однолетних трав и ячменя с подсевом трав — на 16—20 % ниже.

3. При увеличении норм удобрений содержание сырого белка в урожае сельскохозяйственных культур возросло в 1,1—1,5 раза, а клетчатки в кормах — практически не изменилось, каротина в сене однолетних и многолетних трав — возросло на 3—28 мг на 1 кг.

В вариантах с повышенными нормами удобрений по сравнению с контролем содержание сухого вещества в клубнях картофеля снизилось на 1,3—4,6 %, крахмала — на 0,9—2,6 %, витамина С — практически не изменилось.

4. Накопление нитратов в продукции было значительно ниже предельно допустимого уровня, однако в неблагоприятные по погодным условиям годы их содержание возросло в 2—5 раз по сравнению с контролем.

5. При увеличении норм удобрений содержание сырого белка у озимых зерновых культур повысилось на 0,8—3,7 %, сырой клейковины — на 4,6—6,9 %, масса 1000 зерен снизилась незначительно.

В результате некорневой подкормки мочевиной в фазу колошение — цветение содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы увеличилось на 0,6—1,6 %, сырой клейковины — на 0,5—3,4 %, повысилась и группа качества клейковины.

6. Максимальное относительное увеличение содержания азота в урожае при использовании удобрений в основной продукции составило 40 %, в побочной — 25 %, фосфора — соответственно 15 и 25, калия — 22 и 32 %.

7. В вариантах с удобрениями по сравнению с контролем вынос азота и калия на 1 т основной продукции (с учетом побочной) возрос в 1,1—1,5 раза, а фосфора — в 0,7—1,2 раза.

8. Наиболее интенсивный баланс питательных веществ складывался при навозно-минеральных системах удобрения: баланс азота составил 119—129 %, фосфора — 189—212, калия — 48—56 % к выносу.

9. За 3 года исследований (1986—1988) все системы удобрения обеспечили высокую продуктивность севооборота, а содержание подвижных форм фосфора в почве возросло на 1—3 мг в 100 г.

10. При комплексной оценке наилучшие результаты получены при совместном внесении навоза (в среднем 10 т на 1 га) и минеральных удобрений (всего 383 кг д. в. НРК на 1 га севооборота).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Демин В. А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте. — М.: ТСХА, 1981. — 2. Минеев В. Г.,

Човжик А. Д. Влияние минеральной и органо-минеральной систем удобрения на урожай и качество культур полевого севооборота на дерново-подзолистой почве. — *Агрохимия*, 1988, № 6, с. 3—8. — 3. Шумилин И. С. Справочник «Состав

и питательность кормов». — М.: Агропромиздат, 1986. — 4. Ягодин Б. А. Практикум по агрохимии. — М.: Агропромиздат, 1987.

*Статья поступила 15 октября 1989 г.*

#### SUMMARY

The possibility to determine the optimal rate of using fertilizers to obtain programmed crop yield in 8-course rotation is shown. The data about variations in product quality and fertility of gray wooded soil with different fertilization systems calculated using the balance technique are presented.