

УДК 631.8:631.559:631.582

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В 8-ПОЛЬНОМ СЕВООБОРОТЕ НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАСЧЕТНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

В. А. ДЕМИН, Н. И. ДЕМИН, Б. Г. СТАДНИК,
С. А. ОТУРИН, С. М. ЛЕПШИН

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Изучалось влияние различных систем удобрения на урожайность сельскохозяйственных культур в 8-польном севообороте на серой лесной почве и качество продукции. При расчете норм удобрений на планируемую урожайность применяли метод нормативного дифференцированного баланса. Используемые в опыте нормы удобрений позволяют получать планируемые урожаи сельскохозяйственных культур хорошего качества при высокой окупаемости удобрений.

В условиях интенсификации земледелия при повышении степени насыщения севооборотов удобрениями большое значение имеет установление агрономически и экономически целесообразных их норм, обеспечивающих получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур хорошего качества [2, 4].

С целью разработки рекомендаций по рациональному использованию удобрений для хозяйств с различным уровнем их применения, получения при этом максимально возможных урожаев сельскохозяйственных культур с хорошим качеством продукции и высоких экономических показателей нами в 1986—1990 гг. в учхозе «Дружба» Переславского района Ярославской области был заложен стационарный полевой опыт с различной степенью насыщения севооборота органическими и минеральными удобрениями.

Методика

Опыт проводится на темно-серой лесной среднесуглинистой слабо-

оподзоленной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы (0—20 см) представлена в табл. 1. Опыт развернут во времени и пространстве, повторность 4-кратная. Общая площадь опытной делянки — 378 м², учетной — 178—184 м². Объектом исследований являлся 8-польный полевой севооборот: вико сорта Льговская, горох Немецкий кормовой, овес Геркулес, озимая рожь Чулпан, картофель Лорх, ячмень Белозерский, клевер Мурино, озимая пшеница Звезда.

Нормы удобрений рассчитаны на 3 планируемые уровня урожайности методом нормативного баланса в зависимости от прибавки урожая (табл. 2) [1]. Вносили аммиачную селитру, двойной суперфосфат, хлористый калий и навоз, в котором содержание азота составляло в среднем 0,4 %, фосфора (P₂O₅) — 0,2, калия (K₂O) — 0,5 %.

Схема опыта включала 4 варианта: 1 — контроль (без удобрений); 2 — 1-й уровень минеральных удобрений — 48N37P28K (всего 113 кг д. в. на 1 га); 3 — 2-й уровень

Таблица 1
Агрохимическая характеристика почвы в слое 0—20 см (в среднем по 3-му и 5-му полям севооборота)

Вариант	рН _{сол}	H _r	S	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
		мг·экв/100 г			мг/100 г		
<i>Перед закладкой опыта — 1986 г.</i>							
	6,0	2,12	20,6	91	9,2	21,5	4,20
1990 г.							
1	5,95	2,16	20,5	90	8,8	20,8	4,18
2	5,81	2,37	20,1	89	9,7	20,4	4,19
3	5,83	2,43	19,7	89	11,6	20,1	4,20
4	5,83	2,42	19,2	89	13,4	20,0	4,20
НСП ₀₅	0,28	—	—	—	0,4	1,0	—

минеральных удобрений — 68N54P14K на фоне навоза (10 т в среднем на 1 га севооборота), всего 246 кг д. в. на 1 га; 4 — 3-й уровень минеральных удобрений — 105N79P29K на том же фоне навоза, всего 323 кг д. в. на 1 га. Все культуры в севообороте возделывали по интенсивным технологиям с применением рекомендованных средств защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. Урожай учитывали сплошным методом. Влажность зерна и сена приводили к стандартной — соответственно 14 и 16 %. Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа.

В растительных образцах содержание азота определяли фотоколо-

симетрически при использовании реактива Несслера, фосфора — по методу Мерфи — Райли, калия — на пламенном фотометре, крахмала в клубнях картофеля — по Эверсу, аскорбиновой кислоты — по Н. Мурри, нитратов (в свежих растительных образцах) — с помощью ионоселективного электрода, каротина — по Цирелю, клетчатки — по Кюршнеру и Ганеку. В почвенных образцах определяли содержание гумуса по Тюрину, обменную кислотность — в солевой вытяжке, гидролитическую кислотность — по Каппену — Гильковицу, содержание подвижных форм фосфора и калия — по Кирсанову [3].

Метеорологические условия в го-

Таблица 2

Нормы удобрений в севообороте в среднем за 1986—1990 гг. (кг д. в. на 1 га)

Чередование культур в севообороте	Вариант 2			Вариант 3			Вариант 4		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ячмень+мн. травы	40	75	75	25	140	25	20	180	70
Мн. травы 1-го г. п.	35	—	—	45	—	—	80	—	—
Мн. травы 2-го г. п.	40	—	—	80	—	—	120	—	—
Оз. пшеница	50	80	35	110	135	60	140	160	75
Картофель	100	50	70	100	25	—	160	40	10
Овес	45	20	—	75	75	5	110	125	15
Горохоовсяная смесь (зеленая масса)	40	30	45	50	40	20	90	60	60
Оз. рожь	35	40	—	55	15	—	120	65	—

Примечание. Навоз вносили в 3-м и 4-м вариантах: под картофель — 50 т/га, под оз. рожь — 30 т/га.

Т а б л и ц а 3

Метеорологические условия вегетационных периодов 1986—1990 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
1989	12,4	19,6	18,3	15,8	11,4
1990	9,5	13,8	17,3	15,6	9,3
Средняя много- летняя	11,6	15,5	17,5	15,5	10,1
<i>Сумма осадков, мм</i>					
1986	42,0	73,0	82,0	68,0	85,0
1987	105,0	110,0	113,0	94,0	93,0
1988	19,0	27,0	13,0	36,0	20,0
1989	27,5	89,9	94,7	127,6	22,4
1990	77,6	44,0	187,0	115,8	96,1
Средняя много- летняя	44,2	70,2	86,0	78,5	57,1

Т а б л и ц а 4

Урожайность сельскохозяйственных культур в 8-польном полевом севообороте в среднем за 1986—1990 гг. (т/га)

Культура	Вариант опыта				НСР ₀₅
	1	2	3	4	
Ячмень + мн. травы (зерно)	2,0	3,0	3,5	3,5	0,2
	1,6	2,3	2,8	3,0	
Мн. травы 1-го г. п. (сено)	3,5	5,5	7,0	8,0	0,3
	5,9	6,4	7,5	8,3	
Мн. травы 2-го г. п. (сено)	3,5	5,5	7,0	8,0	0,4
	5,7	6,6	7,7	8,5	
Оз. пшеница (зерно)	2,0	4,0	4,5	5,0	0,3
	2,6	3,6	4,5	5,0	
Картофель (клубни)	12,0	22,0	30,0	35,0	1,9
	17,4	24,7	30,0	34,5	
Овес (зерно)	2,0	3,0	4,5	5,0	0,2
	2,4	3,2	4,2	4,6	
Горохоовсяная смесь (зеленая мас- са)	17,0	25,0	30,0	35,0	1,8
	16,7	23,9	29,1	33,7	
Оз. рожь (зерно)	2,0	3,0	4,0	5,0	0,3
	2,7	3,4	4,0	4,2	

Примечание. Планируемая (числитель) и фактическая (знаменатель) урожайность озимых зерновых приведена за 1987—1990 гг., многолетних трав 1-го г. п.— за 1988—1990 гг., 2-го г. п.— за 1989—1990 гг.

ды исследований существенно различались (табл. 3). Так, 1987 и 1990 годы характеризовались пониженными температурами и избыточным увлажнением, 1988 год был засушливым. Наиболее благоприятные условия для возделывания полевых культур сложились в 1986 и 1989 гг.

Результаты

В среднем за 5 лет эксперимента (1986—1990 гг.) применение минеральной системы удобрения (48N37P28K, или 113 кг д. в. на 1 га) позволило получить высокие прибавки урожая культур по сравнению с контролем: озимых и яровых зерновых — 0,7—1,0 т/га, клубней картофеля — 7,3, сена многолетних трав — 0,5—0,9 и зеленой массы однолетних трав — 7,2 т/га. Относительный прирост урожая составил по культурам 9—44 %, или в среднем 32 % к контролю (табл. 4).

Применение навозно-минеральной системы (68N54P14K+10 т навоза в среднем на 1 га севооборота, всего 246 кг д. в. на 1 га) привело к дальнейшему повышению урожайности всех культур севооборота в среднем на 60 % по сравнению с контролем (от 27 до 75 % по различным культурам). Макси-

мальная урожайность была получена при 2-м уровне навозно-минеральной системы (105N79P29K по тому же фону навоза, всего 323 кг д. в. на 1 га): зерна озимой пшеницы — 5,0 т/га, озимой ржи — 4,2, овса — 4,6, сена многолетних трав — 8,4, зеленой массы однолетних трав — 33,7 т/га.

В среднем за 5 лет практически во всех вариантах опыта фактическая урожайность совпадала или была близкой к планируемой. Исключение составили ячмень, фактическая урожайность которого оказалась на 14—23 % ниже запланированной, и озимая рожь в 4-м варианте, — на 16 % ниже плана из-за полегания.

Высокий уровень агротехники позволил не только сократить количество химических обработок, но и получить даже в контрольном варианте достаточно высокие для данного региона урожаи сельскохозяйственных культур (табл. 4).

В ходе эксперимента существенно сокращалось количество применяемых удобрений (табл. 5), а продуктивность севооборота оставалась на высоком уровне — 5,8 т корм. ед. на 1 га в 4-м варианте. В результате окупаемость 1 кг д. в. удобрений (корм. ед.) возросла за последние 2 года по сравнению с предыдущим

Т а б л и ц а 5

Продуктивность севооборота и окупаемость удобрений за 1986—1990 гг.

Показатель	Вариант опыта			
	1	2	3	4
<i>1986—1988 гг.</i>				
Продуктивность, т корм. ед. на 1 га	3,3	4,6	5,5	6,0
Количество внесенных питательных веществ, кг д. в. в среднем на 1 га севооборота	—	133	298	382
Окупаемость 1 кг д. в. удобрений, корм. ед.	—	9,8	7,4	7,1
<i>1989—1990 гг.</i>				
Продуктивность, т корм. ед. на 1 га	3,1	4,2	5,1	5,8
Количество внесенных питательных веществ, кг д. в. в среднем на 1 га севооборота	—	93	206	282
Окупаемость 1 кг д. в. удобрений, корм. ед.	—	11,8	9,7	9,6

Таблица 6

Содержание сырого белка в среднем за 1986—1990 гг. (% на абсолютно сухую массу)

Культура	Вариант опыта				Культура	Вариант опыта			
	1	2	3	4		1	2	3	4
Ячмень	8,7	9,0	9,9	11,0	Оз. пшеница	11,7	12,3	12,9	13,5
Овес	10,1	10,4	10,9	11,5					
Оз. рожь	9,1	9,6	9,9	10,9					

Примечание. Данные по озимым культурам приведены за 1987—1990 гг.

Таблица 7

Качество клубней картофеля (в среднем за 1986—1990 гг.)

Вариант опыта	Сухое вещество, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Крахмал, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
		% на абсолютно сухую массу					
1	23,3	1,44	0,60	2,52	16,6	14,1	23
2	22,3	1,59	0,58	2,76	15,6	14,4	38
3	21,4	1,81	0,64	2,91	15,3	14,8	55
4	20,8	1,99	0,69	3,10	14,4	15,0	69

Таблица 8

Качество сена многолетних трав в среднем за 1988—1990 гг.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырой белок	Клетчатка	Каротин	Нитраты
	% на абсолютно сухую массу				мг на 1 кг воздушно-сухой массы		
1	2,75	0,61	2,66	17,2	29,0	33,8	62
	2,17	0,64	2,30	13,6	30,3	28,5	51
2	2,78	0,68	2,81	17,4	29,0	47,8	108
	2,32	0,66	2,32	14,5	30,2	42,6	91
3	2,89	0,64	2,79	18,1	30,7	51,8	150
	2,24	0,73	2,41	14,0	31,2	48,1	147
4	2,96	0,69	2,91	18,5	30,6	60,9	183
	2,37	0,71	2,50	14,8	31,5	55,0	194

Примечание. Числитель — мн. травы 1-го г. п. за 1988—1990 гг., знаменатель — 2-го г. п. за 1989—1990 гг.

Таблица 9

Качество зеленой массы горохово-овсяной смеси в среднем за 1986—1990 гг.

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырой белок	Клетчатка	Каротин	Нитраты
	% на абсолютно сухую массу				мг на 1 кг воздушно-сухой массы		
1	2,15	0,68	2,62	13,4	26,1	15,6	93
2	2,43	0,74	2,87	15,2	25,9	19,1	161
3	2,52	0,79	2,90	15,8	26,1	24,3	234
4	2,80	0,85	2,98	17,5	29,7	28,5	324

Таблица 10
Вынос питательных веществ по вариантам опыта в расчете на 1 т основной продукции с учетом побочной в среднем за 1986—1990 гг. (кг д. в.)

Культура	1		2			3			4			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Ячмень + мн. травы	20,7	10,6	17,5	22,2	11,1	20,1	23,3	11,9	20,9	25,2	13,0
Мн. травы 1-го г. п., сено (клевер + тимофевка)	23,1	5,1	23,0	23,4	5,7	24,4	24,3	5,4	25,1	24,9	5,8	25,7
Мн. травы 2-го г. п., сено (клевер + тимофевка)	18,3	5,4	19,3	19,6	5,5	19,5	18,8	6,1	20,2	19,9	5,9	21,9
Оз. пшеница	22,8	10,7	20,6	24,5	11,6	22,1	26,2	12,2	23,2	28,1	12,8	25,7
Картофель	5,1	1,9	8,3	5,3	1,8	8,5	5,6	1,9	9,2	5,8	2,0	9,2
Овес	25,2	12,9	25,7	26,6	12,7	27,6	28,1	13,0	29,7	30,1	13,4	30,1
Гороховая смесь (зеленая масса)	4,1	1,3	5,0	4,5	1,4	5,4	4,7	1,5	5,3	5,1	1,5	5,4
Оз. рожь	20,7	12,4	23,6	21,9	12,9	25,1	22,7	12,6	25,9	25,3	13,8	27,8

Примечание. Вынос по озимым культурам рассчитан в среднем за 1987—1990 гг., мн. травам 1-го г. п. — за 1988—1990 гг., 2-го г. п. — за 1989—1990 гг.

периодом (1986—1988 гг.) на 20—35 %. Внесение навоза в 3-м и 4-м вариантах привело к снижению окупаемости 1 кг д. в. удобрений, но она все же оставалась достаточно высокой — 7,1—7,4 корм. ед. на 1 кг д. в.

Увеличение норм азотных удобрений (4-й вариант) предопределило увеличение содержания сырого протеина в зерне всех зерновых культур — на 14—26 % по сравнению с контролем (табл. 6).

В результате применения возрастающих норм удобрений содержание сухого вещества в клубнях картофеля снижалось на 1,0—2,5 %, крахмала — на 1,0—2,2 % (табл. 7), однако валовой сбор крахмала возрастал за счет увеличения урожайности при внесении удобрений. Содержание витамина С практически не изменялось. При повышении норм удобрений содержание питательных элементов заметно увеличилось (особенно азота и калия), возрастало также содержание нитратов — в 1,7—3,0 раза, но оно было значительно ниже предельно допустимых концентраций даже в 4-м варианте.

При повышении норм удобрений изменялось качество однолетних и многолетних трав (табл. 8 и 9). Так, при 2-м уровне навозно-минеральной системы (4-й вариант) относительное содержание сырого белка в однолетних травах возросло по сравнению с контролем на 31 %, а многолетних трав — лишь на 7—9 %.

Наиболее значительно по мере увеличения норм удобрений возросло содержание каротина — на 22—83 % в однолетних травах и на 41—93 % в многолетних травах по сравнению с контролем. Содержание клетчатки в однолетних и многолетних травах при внесении удобрений в большинстве случаев практически не изменялось, за исключением однолетних трав при 2-м

уровне навозно-минеральной системы удобрения.

Содержание нитратов в однолетних и многолетних травах при повышении норм удобрений значительно увеличивалось, особенно в 4-м варианте, — соответственно в 3,5 и 3,0—3,8 раза по сравнению с контрольным вариантом, но оставалось в пределах ПДК (табл. 8 и 9).

По содержанию питательных веществ в многолетних травах варианты существенно не различались, в то же время в однолетних травах при небольшом увеличении содержания калия количество азота и фосфора возрастало в 1,3 раза.

Вынос азота на 1 т основной продукции зерновых культур и однолетних трав с учетом побочной заметно увеличился (на 19—24 %) при 2-м уровне навозно-минеральной системы (4-й вариант) по сравнению с контролем. Вынос калия при этом же уровне навозно-минеральной системы возрос только у зерновых культур — на 12—33 %. При увеличении норм удобрений вынос фосфора существенно повысился лишь у озимой пшеницы и ячменя — в 1,2 раза (табл. 10).

За 5-летний период применение возрастающих норм удобрений привело к повышению содержания подвижных форм фосфора (в слое 0—20 см) — максимально на 4,2 мг/100 г по сравнению с исходным уровнем и не оказывало существенного влияния на содержание гумуса, обменную и гидролитическую кислотность, сумму поглощенных оснований (табл. 1). Даже при большом дефиците калия содержание подвижных форм фосфора по сравнению с исходным значением уменьшилось всего на 1,5 мг/100 г.

Выводы

1. Средняя урожайность культур 8-польного полевого севооборота на серой лесной почве была высокой

для Ярославской области. Максимальная продуктивность севооборота — 5,8 т корм. ед. на 1 га получена в 4-м варианте (105N79P29K+10 т навоза в среднем на 1 га севооборота, всего 323 кг д. в.). Окупаемость 1 кг корм. ед. в 1989—1990 гг. по сравнению с 1986—1988 гг. увеличилась на 20—35 % при снижении норм удобрений.

2. Отклонения от фактической урожайности по сравнению с планируемой при использовании в расчетах норм удобрений метода нормативного баланса составляли не более 10 %, за исключением ячменя и озимой ржи в 4-м варианте — соответственно на 14—23 и 16 % ниже плана.

3. При повышении норм удобрений содержание сырого белка в сельскохозяйственной продукции увеличивалось в 1,1—1,3 раза, каротина в однолетних и многолетних травах — в 1,2—1,9 раза, в то же время содержание клетчатки в кормах практически не изменялось, содержание сухого вещества в клубнях картофеля снижалось на 1,0—2,5 %, крахмала — на 1,0—2,2 %, содержание витамина С в клубнях картофеля практически не изменялось.

4. Накопление нитратов в продукции в вариантах с удобрениями возрастало в 1,7—3,8 раза, но их концентрация была ниже предельно допустимого уровня.

5. Под действием возрастающих норм удобрений вынос азота в расчете на 1 т основной продукции (с учетом побочной) увеличивался у зерновых культур и однолетних трав в 1,2 раза, а вынос калия — только у зерновых в 1,2—1,3 раза по сравнению с контролем; вынос фосфора заметно возрос лишь у озимой пшеницы и ячменя — в 1,2 раза.

6. Применение расчетных систем удобрения обеспечило увеличение содержания в почве подвижных

форм фосфора в среднем на 0,5—4,2 мг/100 г, при этом содержание гумуса, обменная, гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований существенно не изменялись. Несмотря на отрицательный баланс калия, содержание его в почве за годы исследований изменилось всего на 0,7—1,5 мг/100 г.

7. Результаты опыта позволяют заключить, что 3 системы удобрения оказались высокоэффективными; нормы удобрений, рассчитанные методом нормативного баланса, дают возможность получать планируемые урожаи сельскохозяйственных культур хорошего качества при высокой окупаемости удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демин В. А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте.— М.: ТСХА, 1981.—
2. Демин В. А. Обоснование рациональных систем удобрения в севообороте при интенсификации сельскохозяйственного производства Нечерноземной зоны.— Автореф. докт. дис. М.: ТСХА, 1985.—
3. Практикум по агрохимии / Под ред. Б. А. Ягодина.— М.: Агропромиздат, 1987.—
4. Панников В. Д. Расширенное воспроизводство плодородия почв — основа интенсивных технологий выращивания высоких урожаев сельскохозяйственных культур.— Тр. ВИУА. М., 1989, с. 3.

Статья поступила 9 июля 1991 г.

SUMMARY

The effect of different fertilizer application systems on crop yields in 8-course rotation on gray forest soil and on product quality was studied. When calculating the rates of fertilizers for programmed yield, a new method of standard differentiated balance was used. The rates of fertilizers used in the experiment allow to obtain the programmed yields of good quality crops with high payback.