

УДК 631.582:631.816:631.445.25

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ НА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

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

(Кафедра агрономической и биологической химии)

В 8-польном полевом севообороте на серой лесной почве изучалось действие минеральных и органо-минеральных систем удобрения, рассчитанных методом дифференцированного нормативного баланса, на урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции.

В литературе имеются сведения о применении систем удобрения на дерново-подзолистой почве [1, 3]. Исследований систем удобрения на серых лесных почвах в Нечерноземной зоне РСФСР недостаточно. В связи с этим нами изучалось действие минеральной и навозно-минеральной систем удобрения на урожайность сельскохозяйственных культур полевого севооборота, возделываемых на серых лесных почвах.

### Методика

Стационарный полевой опыт заложен в 1986 г. на темно-серой лесной среднесуглинистой почве в учхозе «Дружба» Ярославской области. Агрохимическая характеристика почвы пахотного слоя (0—20 см) перед закладкой опыта следующая: содержание гумуса (по Тюрину) — 4,2 %;  $pH_{\text{сол}}$  — 6,3;  $N_r$  — 2,55 мг·экв/100 г;  $S$  — 20,6 мг·экв/100 г; содержание фосфора и калия (по Кирсанову) — 10,0 и 22,0 мг на 100 г.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были различными (табл. 1). В 1986 г. сложились наиболее благоприятные условия для возделывания полевых культур, 1987 г. отличался избыточным увлажнением в летний период и большими перепадами температуры.

Опыт развернут во времени и пространстве и расположен на 8 полях, повторность — 4-кратная. Общая площадь делянки — 378 м<sup>2</sup>.

В севообороте выращивали следующие сельскохозяйственные культуры: вику сорта

Льговская, горох Немецкий кормовой, овес Геркулес, озимую рожь Чулпан, картофель Лорх, ячмень Белозерский, клевер Мурино, озимую пшеницу Звезда.

Норма удобрений рассчитана на три уровня планируемой урожайности методом дифференцированного нормативного баланса в зависимости от прибавки урожая [2]. Из минеральных удобрений применяли аммиачную селитру, аммофос (в 1986 г.), двойной суперфосфат (1987 г.) и хлористый калий. Навоз вносили в количестве 50 т/га под картофель и 30 т/га под озимую рожь, что составляет 10 т на 1 га площади севооборота. В навозе содержалось азота 0,4 %, фосфора — 0,2, калия — 0,5 %.

Схема опыта включала 4 варианта: 1-й (контроль) — без удобрений; 2-й — 1-й уровень минеральных удобрений (148 кг д. в. на 1 га); 3-й — 2-й уровень минеральных удобрений на фоне навоза (10 т в среднем на 1 га; всего 264 кг д. в. на 1 га); 4-й — 3-й уровень минеральных удобрений

Т а б л и ц а 1  
Метеорологические условия  
вегетационных периодов

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Средняя температура воздуха, °С					
1986	12,4	17,2	18,0	15,1	10,2
1987	9,2	14,3	15,6	13,7	8,4
Средняя много- летняя	11,5	15,0	17,4	15,5	10,0
Сумма осадков, мм					
1986	42	73	82	68	85
1987	105	110	113	94	93
Средняя много- летняя	46	68	85	73	61

на том же фоне навоза (362 кг д. в. на 1 га). Нормы удобрений представлены в табл. 2.

Сельскохозяйственные культуры возделывали по интенсивным технологиям, разработанным для данной зоны. В процессе вегетации культур применяли рекомендованные средства защиты растений от сорняков, вредителей и болезней.

Урожай учитывали сплошным методом. Влажность зерна, сена приводили к стандартной — соответственно 14 и 16 %. Полученные данные обрабатывали дисперсионным методом.

В растительных образцах содержание азота определяли фотоколориметрически с реактивом Несслера, фосфора — по методу Мерфи—Райли, калия — на пламенном фотометре, крахмала в клубнях картофеля — по Эверсу, аскорбиновой кислоты — по И. Мурри, белка в зерне ячменя — по Барнштейну, нитратов в свежих растительных образцах — с помощью ионселективного электрода [4].

### Результаты

Данные, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о высокой эффективности удобрений. Применение 1-го уровня удобрений (2-й вариант) обеспечило получение существенной прибавки урожайности культур севооборота по сравнению с контролем: однолетних трав (на сено) — 20,4—22,5 ц/га, озимой пшеницы — 11,5, картофеля — 57, овса — 9,1, озимой ржи — 8,8 и однолетних трав (зеленая масса) — 84 ц/га. Получены планируемые урожай озимой пшеницы, картофеля, однолетних трав и выше планируемых урожай озимой ржи и овса (табл. 3). В то же время фактический урожай зерна ячменя при подсеве трав уступал запланированному уровню во всех вариантах опыта.

Т а б л и ц а 2  
Нормы удобрений (кг д. в. на 1 га) под урожай 1986 г. (числитель)  
и 1987 г. (знаменатель)

№ поля	1986 г.	1987 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 + травы	Однолетние травы с подсевом многолетних трав (сено)	50	60	50	90	150	45	90	270	80
			50	40	30	100	40	90	140	—	90
2	Травы 1-го года пользования (высевали однолетние травы)	Однолетние травы (сено)	40	50	—	80	100	50	120	150	80
			40	40	60	70	70	60	100	75	70
3	Травы 2-го года пользования (высевали однолетние травы)	Оз. пшеница	40	50	—	80	100	50	120	150	80
			60	70	60	140	125	55	170	140	60
4	Оз. пшеница (ячмень)	Картофель	95	110	40	150	150	60	200	200	80
			110	40	70	120	—	—	180	20	—
5	Картофель	Овес	140	120	90	160	120	—	240	160	60
			50	—	—	70	60	—	100	100	—
6	Овес	Однолетние травы (зеленая масса)	65	60	—	160	110	30	200	150	80
			40	30	50	60	30	45	95	60	60
7	Однолетние травы (зеленая масса)	Оз. рожь	65	40	50	120	120	60	180	180	100
			30	40	—	45	—	—	130	50	—
8	Оз. рожь (ячмень)	Ячмень с подсевом трав	60	60	—	90	50	—	170	100	—
			45	85	95	20	150	30	20	170	80

Таблица 3

Урожайность (ц/га) культур севооборота (в числителе — в среднем за 1986—1987 гг., в знаменателе — планируемая урожайность)

№ поля	Культура	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
		1	2	3	4	
1	Однолетние травы с подсевом многолетних трав (сено)	33,6	56,1	67,8	78,2	2,3
		<u>35</u>	<u>55</u>	<u>70</u>	<u>80</u>	
2	Однолетние травы (сено)	34,8	55,2	66,7	76,0	2,5
		<u>35</u>	<u>55</u>	<u>70</u>	<u>80</u>	
3	Оз. пшеница	26,8	38,3	49,6	52,6	3,5
		<u>20</u>	<u>35</u>	<u>45</u>	<u>50</u>	
4	Картофель	157	214	289	327	12,6
		<u>120</u>	<u>220</u>	<u>300</u>	<u>350</u>	
5	Овес	25,0	34,1	43,8	47,7	1,8
		<u>20</u>	<u>30</u>	<u>45</u>	<u>50</u>	
6	Однолетние травы (зеленая масса)	154	238	274	316	15,5
		<u>170</u>	<u>250</u>	<u>300</u>	<u>350</u>	
7	Оз. рожь	27,4	36,2	43,6	41,8	2,5
		<u>20</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	
8	Ячмень с подсевом трав	14,2	19,8	27,9	31,3	1,6
		<u>20</u>	<u>30</u>	<u>35</u>	<u>35</u>	

Примечание. Данные об урожайности озимой пшеницы, озимой ржи, однолетних трав с подсевом многолетних трав и ячменя с подсевом трав представлены только за 1987 г.

В 3-м варианте по сравнению со 2-м урожайность культур севооборота возросла на 16—42 %. В этом варианте получены планируемые урожаи озимой пшеницы, овса, озимой ржи, а урожаи однолетних трав и картофеля были близки к планируемым (табл. 3).

Наибольшая урожайность всех культур севооборота отмечена в 4-м варианте. В данном варианте достигнуты планируемые урожаи и урожаи, близкие к планируемым, озимой пшеницы, картофеля, овса и однолетних трав (на сено). Ниже планируемого уровня из-за полегания растений была урожайность озимой ржи и ячменя (табл. 3).

Продуктивность севооборота значительно возросла при всех используемых системах удобрения (табл. 4). Навозно-минеральные системы (3-й и 4-й варианты) обеспечили наиболее высокий сбор кормовых единиц с 1 га пашни севооборота. Фактическая продуктивность во всех вариантах опыта оказалась близкой к планируемой.

Наиболее высокая окупаемость 1 кг д. в. удобрений в опыте была в 3-м варианте. Дальнейшее увеличение норм удобрений (4-й вариант) привело к некоторому ее снижению (табл. 4). Следует отметить высокую окупаемость всех испытываемых систем удобрения.

В результате применения возрастающих норм удобрений содержание сухого вещества в

Таблица 4

Продуктивность севооборота и окупаемость удобрений в среднем за 1986—1987 гг.

Показатель	Вариант опыта				НСР <sub>05</sub>
	1	2	3	4	
Продуктивность, ц корм. ед/га:					
планируемая	26,7	42,5	55,7	63,4	
фактическая	28,6	41,4	53,5	58,6	3,5
Количество внесенных питательных веществ, кг д. в. на 1 га севооборота	—	148	264	362	
Окупаемость 1 кг д. в. удобрений, корм. ед.	—	8,2	9,6	8,4	

Примечание. Коэффициенты перевода в кормовые единицы взяты из работы [5].

Качество клубней картофеля

Вариант опыта	Сухое вещество, %	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Крахмал, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
		% на абсолютно сухую массу			на сырую массу		
4	24,6	1,51	0,33	2,92	16,9	14,1	15,8
	21,7	1,48	0,35	2,81	14,9	13,2	22,2
2	22,7	1,68	0,37	3,24	15,1	14,4	24,6
	20,4	1,53	0,40	2,90	14,1	13,8	42,8
3	21,1	2,05	0,43	3,40	15,3	15,1	35,7
	19,8	1,94	0,43	3,04	13,6	14,0	64,4
4	20,0	2,23	0,50	3,68	14,3	15,2	68,2
	19,5	2,14	0,48	3,28	13,0	14,1	82,6

Примечание. Здесь и в табл. 6 и 7 в числителе — 1986 г., в знаменателе — 1987 г.

Таблица 6

Содержание питательных веществ и сырого белка в зерне ячменя (% на абсолютно сухую массу)

Вариант опыта	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Сырой белок
1	1,58	0,76	0,59	9,0
	1,5	0,64	0,57	8,9
2	1,61	0,83	0,64	9,2
	1,60	0,77	0,60	9,1
3	1,92	0,86	0,67	11,0
	1,74	0,82	0,66	10,5
4	2,27	0,92	0,73	12,9
	1,96	0,89	0,67	11,4

клубнях картофеля снизилось на 1,9—4,6 %, крахмала — на 1,8—2,6 % (табл. 5). Дополнительное внесение навоза на фоне НРК не привело к увеличению содержания крахмала в клубнях, но сбор его возрос в 1,2—1,5 раза. При повышении норм удобрений содержание питательных веществ в них заметно увеличивалось (особенно азота и калия), а аскорбиновой кислоты практически оставалось на прежнем уровне. Содержание нитратов в клубнях картофеля не превышало предельно допустимых концентраций и лишь в 4-м варианте в 1987 г. оно было незначительно выше.

В вариантах с возрастающими нормами удобрений содержание азота и сырого белка в зерне ячменя увеличилось в 1,2—1,4 раза, а содержание фосфора и калия мало изменилось по сравнению с контролем (табл. 6).

Таблица 7

Качество сена однолетних трав

Вариант опыта	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Сырой белок	Клетчатка	Каротин	Нитраты
	% на абсолютно сухую массу				мг на 1 кг абсолютно сухой массы		
1	1,95	0,73	3,26	12,2	25,6	9,0	53,4
	1,90	0,70	3,20	12,0	24,3	14,2	84,3
2	2,47	0,80	3,31	15,4	26,4	16,2	145,5
	2,40	0,79	3,28	14,9	24,8	17,4	179,2
3	2,88	0,85	3,39	18,0	24,8	17,4	207,0
	2,74	0,85	3,30	15,8	25,0	19,7	252,0
4	2,92	0,96	3,57	18,3	25,2	19,3	281,5
	2,81	0,86	3,41	17,4	24,9	21,2	314,4

При увеличении норм удобрений содержание азота и сырого белка в сене однолетних трав возросло в 1,2—1,5 раза, каротина — на 7,2—10,3 мг/кг, а содержание фосфора, калия и клетчатки практически не изменилось (табл. 7).

В среднем за 1986—1987 гг. содержание нитратов в сене однолетних трав было значительно ниже предельно допустимых норм.

Окупаемость 1 кг д. в. минеральных и органических удобрений в указанных нормах и соотношениях была высокой (8—10 корм. ед.). Учитывая влияние удобрений на урожай, продуктивность севооборота, качество продукции, а также окупаемость 1 кг питательных веществ, можно заключить, что все изучаемые в опыте системы удобрений были эффективны.

### Выводы

1. В 8-польном полевом севообороте на темно-серой лесной средне-суглинистой почве, характеризующейся повышенным содержанием подвижных форм фосфора и высоким содержанием калия, в 1986—1987 гг. наиболее высокая продуктивность культур (в среднем 50 ц корм. ед. с 1 га) получена при совместном применении минеральных и органических удобрений в норме 362 кг д. в. на 1 га.

2. По мере увеличения норм удобрений возрастало содержание сырого белка в зерне ячменя (в 1,2—1,4 раза) и однолетних травах (в 1,2—1,5 раза), а также каротина в сене (на 7,2—10,3 мг/кг); содержание крахмала в клубнях картофеля снижалось (на 1,8—2,6 %).

3. При повышении норм удобрений в клубнях картофеля и однолетних травах накапливались нитраты, но их содержание было значительно ниже предельно допустимых концентраций.

4. Наиболее высокая окупаемость 1 кг д. в. удобрений (9,6 корм. ед.) отмечена в варианте совместного применения минеральных удобрений и навоза при суммарной норме питательных веществ 264 кг на 1 га севооборота. Этот вариант оказался лучшим по результатам комплексной оценки (урожайность культур, качество продукции, окупаемость 1 кг д. в. удобрений).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Асаров Х. К., Демин В. А., Девин В. К. Продуктивность севооборота и качество урожая при разном уровне удобрения. — Изв. ТСХА, вып. 1, 1980, с. 71—79. — 2. Демин В. А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте. — М.: ТСХА, 1981. — 3. Демин В. А., Кондрашин Б. С., Максимова Е. Н. Урожай культур кормового севооборота и плодородие дерново-

подзолистой почвы при разных системах удобрения. — Изв. ТСХА, вып. 5, 1987, с. 80—85. — 4. Практикум по агрохимии. / Под ред. Б. А. Ягодина. — М.: Агропромиздат, 1987. — 5. Шумилин И. С. Справочник: Состав и питательность кормов. — М.: Агропромиздат, 1986.

*Статья поступила 15 мая 1988 г.*

### SUMMARY

In 8-course field rotation on grey forest soil the effect of mineral and organic-mineral fertilization systems calculated by differential standardized balance technique on yield of crops and quality of produce was studied. The highest payback of 1 kg of fertilizer active substance (9.6 fodder units) appeared to be in the variant of combined application of mineral fertilizers and manure, the total rate of nutrients being 264 kg per 1 ha of crop rotation. This variant proved to be the best as to the results of complex estimation (crop yield, quality of produce, payback of 1 kg of fertilizer active substance).