

УДК 631.582:631.816.1:631.67

## ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ И ОРОШЕНИИ

В. А. ДЕМИН, Б. С. КОНДРАШИН

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Приводятся данные об урожайности сельскохозяйственных культур в кормовом севообороте, качестве получаемой продукции, плодородии дерново-подзолистой почвы при различных навозно-минеральных системах удобрения и орошении.

Неотъемлемой частью каждой научно обоснованной зональной системы земледелия, в том числе и севооборота, является система удобрения, позволяющая рационально использовать удобрения, в результате их эффективность увеличивается на 20—30 % [5, 6].

В Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР влияние повышенных и высоких норм удобрений при орошении на урожайность культур в севообороте и качество продукции, а также на плодородие почвы изучено недостаточно [1—4, 7]. В связи с этим нами исследовались урожайность кормовых культур, качество растениеводческой продукции, вынос питательных веществ единицей урожая и агрохимические показатели почвы в зависимости от обеспеченности севооборота удобрениями и орошения.

### Методика

Исследования проводили в 1984—1986 гг. в стационарном опыте, заложенном в 1976 г. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в учхозе «Михайловское» Московской области. Агрохимические показатели почвы перед закладкой опыта были следующие: гумус по Тюрину — 1,6 %, рН<sub>сол</sub>—6,0, N<sub>p</sub> — 2,35 экв, подвижный фосфор и калий по Кирсанову — соответственно 11,8 и 11,5 мг на 100 г. Опыт развернут во времени и пространстве и расположен на 4 полях. Чередование культур в севообороте: однолетние травы — озимая рожь на зеленый корм и поукосно кукуруза на силос — картофель — ячмень.

Схема опыта включает 6 вариантов (средне ежегодные нормы удобрений на 1 га севооборота): вариант 1 — без удобрений; 2 — 115N62P127K (1-й уровень минеральных удобрений); 3—115N62P127K+17 т навоза; 4 — 170N102P198K (2-й уровень); 5 — 170N102P198K+17 т навоза; вариант 6 — 170N102P198K (суперфосфат вносили в запас — один раз в четыре года).

Нормы минеральных удобрений под отдельные культуры севооборота и агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта представлены в работах [1, 4].

Опыт заложен на двух участках. При необходимости на 1-м участке проводили полив. В 1985 и 1986 гг. поливали картофель и кукурузу. При выращивании культур использовали промышленную технологию возделывания. Ввиду неблагоприятных погодных условий в 1984 г. пересевали кукурузу викоовсяной смесью. В растительных образцах содержание азота определяли по методу Кьельдаля, фосфора — по Труогу — Мейеру, калия — на атомно-абсорбционном спектрофотометре, крахмала в клубнях картофеля — по Эверсу, нитратов — с помощью ионселективного электрода, каротина — по Цирелю, клетчатки — на инфракрасном анализаторе. В почвенных образцах ежегодно определяли (слой 0—20 см) рН<sub>сол</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O по Кирсанову, а в 1986 г. — содержание гумуса по Тюрину.

### Результаты

Урожайность культур. На неорошаемом участке в среднем три года 3-й ротации севооборота (1984—1986) внесение в среднем 1 га 115N62P127K (вариант 2) обеспечивало прибавку урожая всех

культур: сена однолетних трав — 9—17 ц/га, зеленой массы озимой ржи — 50—140, кукурузы поукосно — 150—280, клубней картофеля — 50—80, зерна ячменя — 7—22 ц/га (табл. 1). При увеличении норм удобрений до 170N102P198K (вариант 4) урожайность сельскохозяйственных культур, кроме ячменя, была достоверно выше, чем в варианте 2. Внесение навоза дополнительно к 1-му уровню минеральных удобрений приводило к повышению урожая всех культур, за исключением ячменя. Навоз, внесенный по фону 170N102P198K, не оказывал эффективного действия на урожай. В результате полива картофеля и

Т а б л и ц а 1

Урожайность культур (ц/га) за 3-ю ротацию севооборота

Культура	Год	Вариант опыта						НСР <sub>05</sub>
		1	2	3	4	5	6	
1-й участок (с поливом)								
Поле 1								
Однолетние травы	1984	37,9	47,3	65,1	64,8	70,3	64,4	3,5
Оз. рожь		156	300	331	338	343	337	23
Кукуруза	1985	267	585	633	686	725	669	17
Картофель	1986	164	253	287	302	312	300	16
Поле 2								
Оз. рожь	1984	137	273	298	306	328	308	17
Вика + овес*		130	253	271	282	309	283	12
Картофель	1985	228	329	376	418	466	414	16
Ячмень	1986	21,1	43,7	45,2	45,8	46,7	45,7	2,6
Поле 3								
Картофель	1984	64	87	105	112	116	107	11
Ячмень	1985	23,2	30,2	30,5	31,1	31,5	30,9	1,8
Однолетние травы	1986	37,2	51,7	64,5	61,9	69,0	62,6	2,7
Поле 4								
Ячмень	1984	27,7	35,4	32,8	33,6	33,5	34,5	1,3
Однолетние травы	1985	37,0	53,8	66,7	63,8	68,8	64,3	2,1
Оз. рожь		108	162	201	217	216	212	15
Кукуруза	1986	270	533	605	614	674	617	23
2-й участок (без полива)								
Поле 1								
Однолетние травы	1984	37,3	46,3	66,3	63,8	69,9	63,4	2,7
Оз. рожь		146	298	329	327	338	330	19
Кукуруза	1985	172	322	361	384	401	387	18
Картофель	1986	158	241	279	286	298	284	17
Поле 2								
Оз. рожь	1984	130	264	296	299	322	307	17
Вика + овес*		132	250	270	281	299	282	12
Картофель	1985	173	221	269	294	309	289	16
Ячмень	1986	21,9	44,0	45,6	45,1	46,9	45,3	1,9
Поле 3								
Картофель	1984	59	93	110	106	114	113	9
Ячмень	1985	22,7	30,5	30,9	31,8	31,4	31,1	1,6
Однолетние травы	1986	36,6	51,3	65,1	62,7	68,2	63,2	2,2
Поле 4								
Ячмень	1984	24,8	34,5	34,9	34,4	34,4	34,5	2,1
Однолетние травы	1985	36,4	52,7	66,2	64,8	67,9	63,2	3,0
Оз. рожь		101	159	200	212	212	214	17
Кукуруза	1986	266	522	590	593	655	597	20

\* Пересев кукурузы.

Качество клубней картофеля при разных системах удобрения

Вариант опыта	Сухое вещество, %		Крахмал, %		Витамин С, %		Вкусовые качества, балл	
	1985	1986	1985	1986	1985	1986	1985	1986
1	22,6	21,7	17,0	14,7	15,2	10,9	4,3	4,1
	23,4	22,2	17,3	15,0	15,4	10,8	4,5	4,2
2	22,3	20,9	15,4	12,9	15,4	10,5	3,8	3,7
	22,7	21,1	15,7	13,2	15,7	10,9	3,5	3,9
3	21,9	19,8	15,6	13,2	14,9	10,2	3,9	3,8
	22,4	19,9	16,0	13,4	15,6	10,3	4,0	4,1
4	21,6	19,5	15,1	12,6	14,4	9,7	3,4	3,6
	22,0	19,6	15,3	12,7	15,1	10,0	3,7	3,5
5	21,1	19,7	15,2	12,8	14,5	10,1	3,8	3,7
	21,4	19,8	15,5	12,8	15,3	9,9	3,9	3,6
6	20,9	20,1	15,0	12,4	14,1	10,2	3,5	3,3
	21,6	20,3	15,2	12,6	14,6	10,4	3,8	3,2

Примечание. В числителе — 1-й участок, в знаменателе — 2-й участок.

кукурузы в 1985 г. их урожайность значительно возросла. Прибавка урожая зеленой массы кукурузы и клубней картофеля при орошении (табл. 1) в 1985 г. в контроле составила соответственно 95 и 55 ц/га, варианте 2 — 263 и 108, варианте 4—302 и 124 ц/га. Заметно проявилось действие и последствие навоза (варианты 3 и 5). Полив кукурузы и картофеля в 1986 г. обусловил незначительное повышение урожайности этих культур.

При ежегодном (вариант 4) и запасном (вариант 6) внесении суперфосфата урожайность культур была практически одинаковой.

Качество урожая. Повышенное содержание крахмала, сухого вещества, витамина С и более высокие вкусовые качества клубней картофеля в 1985 г. по сравнению с 1986 г. объясняются лучшей их вызреваемостью вследствие более благоприятных погодных условий. Вегетационный период 1986 г. характеризовался прохладным дождливым летом, кроме того, выпал град, который повредил растения. При повышенных нормах удобрений содержание крахмала и сухого вещества в клубнях снизилось до 2,5% по сравнению с контролем (табл. 2), при этом ухудшились их вкусовые качества. Лучшим по качеству был картофель в варианте 3. Содержание витамина С в клубнях картофеля практически не зависело от норм удобрений. При внесении минеральных удобрений содержание сырого белка в урожае однолетних трав, озимой ржи, кукурузы возросло в 1,1—1,4 раза (табл. 3 и 4). Уровень нитратов в растительной продукции был значительно ниже допустимого уровня. Количество клетчатки в культурах не изменилось (различия

Таблица 3

Качество сена однолетних трав на 1-м участке (% на абсолютно сухое вещество)

Вариант опыта	Сырой протеин		Сырая клетчатка		Каротин, мг/кг		NO <sub>3</sub>	
	1985	1986	1985	1986	1985	1986	1985	1986
1	12,1	12,1	25,1	26,4	12	21	0,02	0,08
2	14,6	12,8	25,6	27,2	14	27	0,05	0,11
3	15,2	14,2	26,7	27,5	14	36	0,07	0,15
4	15/	14,4	28,1	28,4	16	43	0,08	0,18
5	16,1	15,4	27,1	28,9	19	49	0,09	0,21
6	16,3	14,8	27,6	28,3	15	46	0,10	0,19

не превышали 10%). Как следует из данных табл. 3, содержание каротина в однолетних травах изменяется в прямой зависимости от уровня питания. Так, количество каротина в травах вариантов 2 и 4 увеличилось по сравнению с контролем соответственно на 2—6 и 4—22 мг/кг.

Вынос и баланс питательных веществ. Вынос основных элементов питания единицей урожая у озимой ржи и картофеля был близким к нормативным данным, а у кукурузы при внесении удобрений — меньше, у однолетних трав и ячменя — больше, чем по нормативам. В вариантах с удобрениями вынос азота и калия увеличился в 1,3—1,6 раза, фосфора — в 1,1—1,3 раза (табл. 5).

По мере повышения продуктивности севооборота при возрастающих нормах удобрений складывался наиболее интенсивный баланс питательных веществ. При повышенных и высоких нормах удобрений относительный баланс азота на орошаемом участке составлял 80—130%, фосфора—120—220, калия—70—110%, на неорошаемом — соответственно 90—150, 140—240 и 80—130% (табл. 6).

Ежегодное внесение в течение 11 лет (1976—1986) в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву в среднем на 1 га севооборота 17 т навоза и 304 кг д.в. минеральных удобрений обеспечивало положительный баланс гумуса, содержание подвижных форм фосфора повышалось на 7 мг, калия — на 12 мг/100 г (слой 0—20 см). При внесении одних минеральных удобрений (304—470 кг д.в. в среднем на 1 га севооборота) исходное содержание гумуса за 11 лет опыта практиче-

Таблица 4

Качество зеленой массы кукурузы и озимой ржи (% на абсолютно сухое вещество)

Вариант опыта	Сырой протеин		Сырая клетчатка		NO <sub>3</sub>	
	1985	1986	1985	1986	1985	1986
Кукуруза						
1	8,8	10,0	27,9	26,8	0,02	0,12
	9,0	10,4	27,1	26,4	0,03	0,14
2	10,8	11,9	28,3	27,5	0,06	0,18
	10,9	12,1	28,8	27,2	0,07	0,16
3	11,2	12,1	28,7	28,1	0,09	0,22
	11,7	12,3	28,4	28,7	0,11	0,19
4	11,6	12,4	29,1	28,8	0,12	0,23
	11,8	12,4	28,9	28,2	0,14	0,23
5	12,1	12,3	29,4	28,4	0,13	0,27
	12,6	12,4	29,2	29,1	0,11	0,28
6	11,7	12,5	29,6	29,3	0,11	0,25
	11,9	12,6	29,0	28,9	0,13	0,24
Оз. рожь						
1	8,6	10,1	25,8	27,9	0,05	0,09
2	10,8	12,4	26,3	28,6	0,04	0,13
3	12,6	13,6	27,1	28,9	0,06	0,16
4	12,8	14,1	27,4	29,1	0,07	0,18
5	13,3	14,3	27,8	29,5	0,08	0,19
6	13,0	13,9	27,5	29,6	0,08	0,17

Примечание. В числителе - поливом, в знаменателе — без полива.

Таблица 5

Вынос азота, фосфора и калия на 10 ц основной продукции (с учетом побочной) за 1984—1986 гг. (кг). 1-й участок

Культура	Элемент питания	Вариант опыта					
		1	2	3	4	5	6
Однолетние травы (сено)	N	15,8	18,0	19,8	20,2	20,8	20,5
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,7	6,2	6,6	6,9	7,0	6,6
	K <sub>2</sub> O	20,0	23,2	25,6	26,0	27,2	26,2
Оз. рожь (зеленая масса)	N	2,9	3,4	3,7	3,9	3,8	3,8
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5
	K <sub>2</sub> O	4,6	5,2	5,9	6,2	6,1	6,1
Кукуруза (зеленая масса)	N	1,6	1,9	1,9	2,0	2,1	1,9
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	K <sub>2</sub> O	2,6	3,3	3,6	3,7	3,8	3,6
Картофель	N	4,1	5,1	5,5	5,7	6,0	5,7
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0
	K <sub>2</sub> O	6,6	7,4	8,2	8,5	8,9	8,5
Ячмень	N	25,2	32,7	35,1	37,3	38,8	36,9
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12,6	14,7	15,5	16,2	17,0	16,2
	K <sub>2</sub> O	22,1	29,8	31,5	33,3	35,0	33,4

Т а б л и ц а 6

Баланс азота, фосфора и калия  
в севообороте на I-м поле (1984—1986 гг.)

Вариант опыта	Внесено с удобрениями и семенами, кг/га	Орошаемый участок		Неорошаемый участок	
		вынесено урожаем, кг/га	% к выносу	вынесено урожаем, кг/га	% к выносу
N					
1	10	216	—	194	—
2	350	418	84	380	92
3	624	527	118	479	130
4	530	569	93	501	106
5	804	615	130	538	149
6	530	560	95	506	105
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
1	5	89	—	78	—
2	195	157	124	140	139
3	324	186	174	170	191
4	335	201	167	179	187
5	464	215	216	191	243
6	335	201	167	181	185
K <sub>2</sub> O					
1	25	318	—	288	—
2	455	640	71	559	81
3	779	797	95	708	107
4	695	856	81	732	95
5	1019	915	111	792	129
6	695	833	83	739	94

фосфата урожайность сельскохозяйственных культур была одинаковой.

3. Содержание сырого белка в урожае однолетних трав, озимой пшеницы и кукурузы при увеличении норм удобрений в среднем за 1984—1986 гг. возросло в 1,1—1,4 раза, содержание клетчатки практически не изменилось.

Содержание каротина в однолетних травах при увеличении норм удобрений повысилось на 2—6 (60N60P100K) и 4—22 мг/кг (100N90P150K) по сравнению с контролем.

Лучшее качество клубней картофеля было при внесении 120N50P120K и 40 т навоза на 1 га. Содержание витамина С практически не зависело от норм удобрений.

4. При внесении удобрений вынос фосфора сельскохозяйственными культурами в расчете на 10 ц основной продукции увеличился в

ски не изменилось (табл. 7), содержание фосфора увеличилось на 6—9 мг, калия — на 7—13 мг.

При ежегодном применении на 1 га севооборота 115N62P127K (304 д.в.) и внесении 17 т навоза по этому фону минеральных удобрений потребность в повторном агрохимическом обследовании почв возникла через 6—8 лет, при более высоких нормах удобрений — через 4—5 лет.

### Выводы

1. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, характеризующейся повышенным содержанием подвижных форм фосфора и средним калия, в кормовом севообороте в 1984—1986 гг. наиболее высокие урожаи получены в варианте 115N62P127K и при совместном внесении 115N62P127K и 17 т навоза на 1 га. Только в 1985 г. при орошении максимальная урожайность всех культур отмечена в варианте совместного внесения 170N102P198K и 17 т навоза на 1 га.

2. При запасном (один раз в четыре года) и ежегодном внесении повышенной нормы двойного супер-

Т а б л и ц а 7

Агрохимические показатели почвы  
на I-м поле (в скобках данные 1986 г.)

Вариант опыта	Гумус, %	pH <sub>сол</sub>	H <sub>г</sub>	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			мг. экв./100 г		по Кирсанову, мг/100 г	
Перед закладкой опыта в 1975 г.						
	1,63	6,0	2,4	11,6	11,8	11,5
Конец 2-й ротации, 1983 г.						
1	(1,52)	5,8 (6,1)	2,4	9,2	9,6 (8,9)	7,3 (6,5)
2	(1,67)	5,1 (5,9)	3,2	8,1	16,0 (16,5)	16,1 (18,4)
3	(1,80)	6,0 (6,3)	2,1	9,9	17,6 (18,8)	21,0 (23,6)
4	(1,71)	5,0 (5,8)	3,3	7,7	19,6 (21,9)	21,8 (23,9)
5	(1,85)	5,6 (6,2)	2,7	8,8	23,1 (26,1)	23,3 (26,1)
6	(1,75)	5,0 (5,7)	3,5	7,9	17,5 (20,8)	21,9 (24,8)

1,1—1,3 раза, азота и калия — в 1,3—1,6 раза по сравнению с контролем.

5. При повышенных и высоких нормах удобрений относительный баланс азота на орошаемом участке составил 80—130%, фосфора — 120—220, калия — 70—110%, на неорошаемом — соответственно 90—150, 140—240 и 80—130% к выносу.

В течение всего 11-летнего периода (1976—1986) при совместном внесении 115N62P1273 и 17 т навоза на 1 га продуктивность севооборота была высокой («70 д корм. ед. на 1 га), содержание в почве гумуса возросло на 0,17%, подвижных форм фосфора — на 7 мг/100 г, калия — на 12 мг/100 г. Содержание подвижных форм фосфора в год внесения суперфосфата в запас было выше на 4—5 мг/100 г, в последующие годы различия сглаживались.

При 1-м уровне НРК (304—355 кг д. в. на 1 га) потребность в повторном агрохимическом обследовании почв возникала через 6—8 лет, при более высоких нормах удобрений — через 4—5 лет.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А с а р о в Х. К., Д е м и н В. А., Д е в и н В. К. Продуктивность севооборота и качество урожая при разном уровне удобрения. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 1, с. 71—79. — 2. Берестов И. И. Продуктивность культур севооборота при разной обеспеченности почвы фосфором и влагой. — Агрохимия, 1986, № 12, с. 30—35. — 3. Д е в и н В. К., Д е м и н В. А. Продуктивность кормового севооборота при различных уровнях обеспеченности удобрениями. — Докл. ТСХА, 1979, вып. 253, с. 5—8. — 4. Д е м и н В. А., П р а в д а И. И. Урожайность культур в севообороте на дерново-подзолистой почве в зависимости от системы удобрения и орошения. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 4, с. 18—23. — 5. К о р е н ь к о в Д. А. Продуктивное использование минеральных удобрений. — М.: Россельхозиздат, 1985. — 6. К у л а к о в с к а я Т. Н. Проблемы воспроизводства плодородия дерново-подзолистых почв Западного района. — Проблемы почвоведения и агрохимии. М.: Наука, 1986, с. 25—32. — 7. П р а в д а И. И. Продуктивность кормового севооборота в зависимости от уровней обеспеченности удобрениями и орошения на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Центрального района Нечерноземной зоны. — Автореф. канд. дис М., 1983.

*Статья поступила 22 июля 1987 г.*

## SUMMARY

Investigations were conducted in 1984—1986 in a stationary experiment established in 1976 on soddy-podzolic medium loam. The highest yields of crops included in the rotation and their high quality in the non-irrigated area were obtained as a result of applying 115N62P127K+17 tons of manure per 1 ha. The only exception was in 1985, when the highest crop yield was obtained with 470NPK+17 tons of manure under irrigation. Under application of fertilizers the removal of phosphorus by crops was 1.1—1.3 times higher, and that of nitrogen and potassium — 1.3—1.6 times higher than in control.

When during 11 years the average yearly application per 1 ha of rotation on soddy-podzolic medium loam made up 115—170N 62—102P 127—198K+17 tons of manure, fertility of the soil increased.