

УДК 631.445.2+631.582]:631.816.1:631.67

ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВОБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ПРИ РАСЧЕТНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ И ОРОШЕНИИ

В. А. ДЕМИН, Ю. А. ВОЛКОВ, А. В. ШКУРЫЧЕВА, Е. Н. МАКСИМОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

С целью определения рациональных и предельно допустимых норм применения удобрений проводились исследования двух уровней минеральной и двух уровней навозно-минеральной систем удобрения в 4-польном севообороте за 3 ротации. Показано, что в среднем за 12 лет первые (120N68P133K и 184N115P206K) обеспечивали получение планируемой урожайности на 105—152 % при поливе, на 98—144 % без полива и на 75—133 и 69—104 % в зависимости от вида культуры; вторые (120N68P133K+17,5 т навоза и 184N115P206K+17,5 т навоза) — соответственно на 80—146 и 37—111 %, 64—128 и 58—93 %.

Установление рациональных и предельно допустимых уровней применения удобрений в различных севооборотах на дерново-

подзолистых почвах Нечерноземной зоны РСФСР разной степени окультуренности имеет важное значение для разработки научно обоснованной системы удобрения, при которой обеспечивается минимально возможное загрязнение окружающей среды [7, 8]. В настоящее время подавляющее большинство длительных опытов, в которых изучалась продуктивность севооборотов, проведено при использовании низких и средних норм удобрений и в основном на слабо- и среднеокультуренных почвах, что исключает возможность получения четкого ответа относительно рационального и предельного уровня применения удобрений. Это имеет особое значение для районов, где в земледелии интенсивно используются химические средства, в частности для Московской области [3]. Данный вопрос практически не изучен в условиях орошения почв Центральных районов Нечерноземной зоны РСФСР.

Целью наших исследований было изучение продуктивности 4-польного севооборота (за 3 ротации) на дерново-подзолистой почве Московской области при использовании расчетных систем удобрения и орошения. Полевой стационарный опыт заложен в учхозе Тимирязевской академии «Михайловское».

МЕТОДИКА

Агрохимические показатели дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы ($A_{\text{пах}}$) перед закладкой опыта были следующие: содержание гумуса по Тюрину — 1,6 %, $pH_{\text{сол}}$ — 6,0, N_r — 2,35 мг·экв/100 г, содержание подвижного фосфора и калия по Кирсанову — соответственно 11,8 и 11,5 мг/100 г. Схема опыта включала 6 вариантов (средние ежегодные нормы удобрений на 1 га севооборота): 1 — контроль (без удобрений); 2 — 130N80P145K в 1-ю ротацию и 115N62P127K во 2-ю и 3-ю; 3 — соответственно 130N80P145K + 17,5 т навоза и 115N62P127K + 17,5 т навоза; 4 — 212N140P222K и 170N102P198K; 5 — 212N140P222K + 17,5 т навоза и 170N102P198K + 17,5 т навоза; 6 — 212N222K (ежегодно) 560P (в запас на 4 года) и 170N198K (ежегодно) 410 P (в запас на 4 года).

Во 2-м варианте количество питательных веществ удобрений было примерно в 1,3 раза меньше такового, вносимого в среднем на 1 га пашни в Московской области; в 3-м и 4-м (при навозно-минеральной и минеральной системах удобрения) оно практически не отличалось от количества питательных веществ удобрений, вносимых во многих хозяйствах области; в

5-м варианте нормы рассчитывали на возможную перспективу (особенно при орошении); в настоящее время их применяют отдельные хозяйства. В среднем в Московской области на 1 га пашни (при среднем содержании в 100 г почвы 17 мг подвижного фосфора и 15 мг подвижного калия) ежегодно вносят 280—290 кг д. в. минеральных удобрений и 12—13 т органических (в сумме около 410—420 кг д. в.). Таким образом, опыт актуален в научном и практическом плане для условий Московской области, его результаты позволят сделать заключение о «целесообразных границах» применения высоких норм удобрений в рассматриваемом регионе земледелия. В настоящем сообщении приводятся данные об урожайности культур и продуктивности севооборота за 12 лет исследований (1976—1987 гг.).

Подстиловый навоз и $N_{\text{аа}}$, $P_{\text{сд}}$, $K_{\text{д}}$ вносили в почву 4-польного севооборота (табл. 1): однолетние травы (сено), озимая рожь (зеленая масса) + кукуруза (поукосно), картофель и ячмень. Содержание азота в навозе в среднем составляло 0,38 %, фосфора — 0,2, калия — 0,44 % на сырую массу.

Опыт заложен на двух участках, на 1-м при необходимости (в 1977,

1979, 1981, 1982, 1985 и 1986 гг. из 12 лет опыта, т. е. в 50 % лет) проводили полив. Культуры возделывали по общепринятой для данной зоны технологии. Урожай учитывали сплош-

ным методом. Подробная характеристика опыта, методика и результаты исследований по ротациям севооборота приведены в ранее опубликованных работах [1—6].

Результаты

В контроле на участке без полива в среднем за 3 ротации севооборота (12 лет) при повышенном содержании в почве подвижных форм фосфора и среднем калия урожайность однолетних трав (сено) составила 36,3 ц/га, озимой ржи (зеленая масса) — 130, кукурузы (зеленая масса) — 184, картофеля — 135 и ячменя — 24,2 ц/га. Значительного снижения урожайности культур в динамике за 3 ротации севооборота не отмечено. Применение 1-го уровня минеральной системы удобрения (120N68P133K, или 321 кг д. в. на 1 га) в среднем за 12 лет позволило получить планируемую урожайность всех культур. При этом урожайность однолетних трав увеличилась по сравнению с контролем на 13,8 ц/га, озимой ржи — на 86, кукурузы — на 160, картофеля — на 62 ц, ячменя — на 10,1 ц/га. При 1-м уровне навозно-минеральной (120N68P133K + 17,5 т навоза, или 499 кг д. в. на 1 га) и 2-й минеральной (184N115P206K, или 505 кг д. в. на 1 га) систем удобрения продолжала повышаться урожайность однолетних трав, озимой ржи и кукурузы, причем она была довольно близка к запланированной и составила: сена однолетних трав — 58,0 ц/га, зеленой массы озимой ржи — 250—260, картофеля — 220, кукурузы — 381—388 ц/га. Для ячменя было достаточно 1-го уровня минеральной системы удобрения (2-й вариант). Увеличение насыщенности севооборота удобрениями до 2-го уровня навозно-минеральной системы не сопровождалось дальнейшим ростом урожайности культур, за исключением кукурузы (табл. 2).

На участке с поливом при 1-м уровне минеральной системы удобрения абсолютная прибавка урожая сена однолетних трав составила 3,5 ц/га, клубней картофеля — 25, зерна ячменя — 2,5, зеленой массы кукурузы — 111 ц/га, причем однолетние травы поливали всего по одному разу в 1979 и 1981 гг., а ячмень — в 1981 г. Насыщение севооборота удобрениями привело к повышению эффективности орошения. Так, например, при 2-м уровне навозно-минеральной системы (5-й вариант) абсолютная прибавка урожая в результате орошения значительно увеличилась: однолетних трав — 6,0 ц/га, картофеля — 40, ячменя — 3,5 кукурузы — 156 ц/га.

Наиболее четкая взаимосвязь между урожайностью, нормой удобрений и орошением отмечена в годы проведения полива (табл. 3). Эффект от применения удобрений при орошении был выше, чем на неполивном участке. Эти различия возрастали по мере повышения обеспеченности ими севооборота,

Нормы удобрений в севообороте по вариантам опыта (минеральные удобрения — кг д. в./га, навоз — т/га)

Поле севооборота	2		3			4			5			6			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	K ₂ O
1-е — однолетние травы (сено)	60	60	120	60	60	120	30	100	120	180	100	120	180	100	180
	60	60	100	60	60	100	30	100	90	150	100	90	150	100	150
2-е — оз. рожь (зеленая масса)	60	20	60	60	20	60	—	120	60	120	120	60	120	120	120
	60	20	60	60	20	60	—	100	50	100	100	50	100	100	100
кукуруза (зеленая масса)	140	120	200	140	120	200	—	210	180	260	210	180	260	210	260
	100	60	150	100	60	150	—	140	90	200	140	90	200	140	200
3-е — картофель	140	60	120	140	60	120	40	240	120	250	240	120	250	240	250
	120	50	120	120	50	120	40	180	100	220	180	100	220	180	220
4-е — ячмень	120	60	80	120	60	80	—	180	80	80	180	80	80	180	80
	120	60	80	120	60	80	—	160	80	120	160	80	120	160	120
Всего за ротацию	520	320	580					850	560	890					
	460	250	510					680	410	790					
В среднем на 1 га	130	80	145					212	140	222					
	115	62	127					170	102	198					

Примечание. Числитель — 1-я ротация, знаменатель — 2-я и 3-я ротации севооборота. В 6-м варианте на всех полях севооборота количество P₂O₅, внесенное в запас на 4 года, в 1-ю ротацию составило 560 кг, во 2-ю и 3-ю — 410 кг д. в./га.

Урожайность культур севооборота (ц/га) в среднем за 1976—1978 гг.

Вариант опыта (нормы удобрений в среднем за 12 лет)	Однолетние травы (сено)	Оз. рожь (зеленая масса)	Кукуруза (зеленая масса)	Картофель	Ячмень
1 — без удобрений	30 40,4 (135) 36,3 (121)	100 128 (128) 130 (130)	150 241 (160) 184 (123)	120 156 (130) 135 (112)	20 26,4 (132) 24,2 (121)
2 — 120N68P133K	40 53,6 (134) 50,1 (125)	150 217 (145) 216 (144)	300 455 (152) 344 (115)	200 222 (111) 197 (98)	35 36,8 (105) 34,3 (98)
3 — то же + 17,5 т навоза	56 61,5 (110) 57,8 (103)	225 245 (109) 250 (111)	350 512 (146) 381 (109)	260 246 (95) 219 (84)	47 37,5 (80) 34,5 (73)
4 — 184N115P208K	60 61,3 (102) 57,6 (96)	250 255 (102) 260 (104)	400 531 (133) 388 (97)	300 256 (85) 222 (74)	50 37,6 (75) 34,9 (70)
5 — то же + 17,5 т навоза	80 65,1 (81) 59,1 (74)	310 257 (83) 259 (83)	440 566 (128) 410 (93)	350 270 (77) 230 (66)	60 38,6 (84) 35,1 (58)
6 — 184N206K ежегодно + 460P в запас на 4 года	60 61,8 (103) 58,0 (97)	250 254 (102) 254 (102)	400 529 (132) 387 (97)	300 253 (84) 216 (72)	50 37,7 (75) 34,4 (69)
НСР ₀₅	3,2 3,4	21 19	30 27	20 22	3,0 2,9

Примечание. Целое число — планируемая урожайность, дробь — фактическая; в скобках — урожайность в % к планируемой, числитель — с поливом, знаменатель — без полива.

особенно в годы со значительным дефицитом влаги. Так, в 1981 г. (судя по данным о динамике прироста урожайности при возрастающих нормах удобрений) даже 2-й уровень навозно-минеральной системы удобрения, вероятно, не явился предельным в получении максимальной возможной урожайности однолетних трав, кукурузы и картофеля.

Таблица 3

Урожайность культур (ц/га) при различных системах удобрения и орошении
(числитель — участок с поливом, знаменатель — без полива)

Культура	Вариант опыта					НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	
<i>1977 г.</i>						
Кукуруза (зеленая масса)	188	256	313	277	349	50 ⁺
	166	289	296	282	312	46
Картофель	205	224	238	234	231	26 ⁺
	165	217	219	217	227	23
<i>1979 г.</i>						
Однолетние травы (сено)	30	44	46	46	46	2
	21	37	42	42	44	3 $\frac{2}{2}$
Кукуруза (зеленая масса)	277	392	398	412	401	19
	120	185	164	164	159	27 $\frac{11}{11}$
<i>1981 г.</i>						
Однолетние травы (сено)	36	50	61	72	80	3
	21	41	39	40	39	4 $\frac{2}{2}$
Кукуруза (зеленая масса)	311	702	849	900	974	33
	224	345	336	351	342	47 $\frac{19}{19}$
Картофель	223	322	372	406	451	16
	120	224	238	245	241	23 $\frac{9}{9}$
Ячмень	29	45	45	46	46	2 $\frac{2}{2}$
	16	21	22	21	22	1
<i>1982 г.</i>						
Кукуруза (зеленая масса)	279	495	568	575	603	24 ⁺
	238	403	516	520	569	30
Картофель	150	246	287	292	301	22 ⁺
	140	229	272	287	282	20
<i>1985 г.</i>						
Кукуруза (зеленая масса)	267	585	633	686	725	12
	172	322	361	384	401	20 $\frac{10}{10}$
Картофель	228	329	376	418	466	10
	173	221	269	294	309	17 $\frac{8}{8}$
<i>1986 г.</i>						
Кукуруза (зеленая масса)	270	533	605	614	674	10
	266	522	590	593	655	18 $\frac{9}{9}$
Картофель	164	253	287	302	312	9
	158	241	279	286	298	15 $\frac{4}{4}$

* Целое число — общая НСР₀₅, в дробь числитель — НСР₀₅ от удобрений, знаменатель — от орошения. Плюс — данные обработаны по одному фактору.

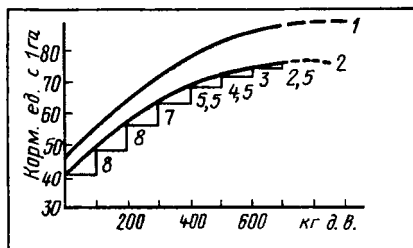
Несмотря на то, что в отдельные годы, главным образом из-за влияния метеорологических условий, фактические урожаи существенно отклонялись от планируемых в большую или меньшую сторону, в среднем за 12 лет отмечена неплохая их сходимость. Из табл. 2 видно, что при 1-м уровне минеральной системы удобрения (2-й вариант) получена планируемая урожайность, составившая в условиях орошения 105—152 % (в зависимости от вида культур) и 98—144 % на неполовном участке. Близкие к планируемым были урожаи однолетних бобово-злаковых трав, озимой ржи и кукурузы при 1-м уровне навозно-минеральной (3-й вариант), минеральной (4-й и 6-й) систем удобрения. Фактическая урожайность этих культур составила 102—146-‰ к планируемой на участке с поливом и 96—104 % на участке без полива. При 2-м уровне навозно-минеральной системы удобрения (5-й вариант) наиболее близка к планируемой была урожайность кукурузы (128 и 93 % соответственно с орошением и без него). Получение более высокой планируемой урожайности других культур сдерживалось прежде всего неблагоприятными погодными условиями. Главным образом недополучен урожай картофеля и ячменя. Для ячменя в условиях орошения и без него вполне достаточным оказался 1-й уровень минеральной системы удобрения (2-й вариант). Следует отметить, что урожайность всех культур возрасла от ротации к ротации за счет повышения плодородия почвы и за 3-ю ротацию были получены близкие к планируемым урожаи картофеля и ячменя (3-й вариант).

При запасном (6-й вариант) и ежегодном (4-й вариант) внесении фосфорных удобрений урожайность всех культур во все годы исследований была практически одинаковой. И даже в год внесения в запас высокой нормы двойного суперфосфата (410—560 кг P₂O₅ на 1 га) достоверной прибавки урожая не отмечено.

Продуктивность севооборота в контрольном варианте опыта за счет естественного плодородия почвы в среднем за 12 лет составила 46 ц корм. ед. с 1 га на орошаемом участке и 41 ц корм. ед. на участке без орошения (табл. 4). Это свидетельствует

Таблица 4				3	499	75	$\frac{81(108)}{71(95)}$	$\frac{7,0}{6,0}$
Продуктивность севооборота (ц корм. ед. с 1 га) в среднем за 1976—1987 гг.				4	505	82	$\frac{83(101)}{73(89)}$	$\frac{7,3}{6,3}$
Вариант опыта	Внесено NPK в среднем на 1 га сево- оборота, кг	Продуктивность		5	683	98	$\frac{87(89)}{75(76)}$	$\frac{6,0}{5,0}$
		пла- нируе- мая	факти- ческая				$\frac{82(100)}{72(88)}$	$\frac{7,1}{6,1}$
				НСР ₀₅		$\frac{4,0}{4,2}$		
1	—	33	$\frac{46(139)}{41(124)}$	—				
2	321	56	$\frac{73(130)}{65(116)}$	8,4				7,5

Примечание. В скобках дана продуктивность в % к планируемой. Числитель — с поливом, знаменатель — без полива.



Продуктивность кормового севооборота в среднем за 12 лет (ц корм. ед. с 1 га). 1 — участок с поливом; 2 — участок без полива.

о достаточно высоком уровне окультуренности почвы. Наивысшая продуктивность севооборота была на участке с поливом при 2-м уровне навозно-минеральной системы удобрения (87 ц корм. ед.). На участке без полива при 1-м уровне навозно-минеральной системы продуктивность составила 71 ц корм. ед. Применение полива позволило получить в среднем в вариантах с удобрением дополнительно 8—12 ц корм. ед. с 1 га. Во всех вариантах опыта, за исключением 5-го, в условиях орошения получена планируемая продуктивность, а без орошения она достигнута лишь при 1-м уровне минерального питания и несколько меньше планируемой была продуктивность при 1-м уровне навозно-минеральной системы удобрения.

В [9] окупаемость 1 кг д. в. полного минерального удобрения в многолетних опытах на дерново-подзолистых почвах в среднем равнялась 4,7—4,9 кг корм. ед. В нашем опыте за 12 лет на поливном участке она составила 6,0—8,4 кг корм. ед., на неполивном — 5,0—7,5 кг корм. ед., что выше установленной средней величины (4,7—4,9 кг корм. ед.). Это свидетельствует о высокой эффективности всех испытываемых нами систем удобрения. Предельная норма удобрений в данном севообороте на орошаемом участке равняется примерно 800—850 кг д. в., а на неполивном — 700 кг д. в. на 1 га (рисунок). Высокоэффективно применение удобрений в пределах 700 кг д. в. при поливе и в пределах до 500 кг д. в. без полива.

Выводы

1. Наивысшая продуктивность севооборота в среднем за 12 лет на участке с поливом при 2-м уровне навозно-минеральной системы удобрения составила 87 ц корм. ед., а на неполивном при 1-м уровне навозно-минеральной системы — 71 ц корм. ед.

2. Наиболее высокая урожайность большинства культур в среднем за 12 лет получена при 1-м уровне навозно-минеральной системы удобрения в условиях орошения. Для кукурузы требовалась большая норма удобрений, а для ячменя, наоборот, данная норма оказалась завышенной.

3. Наибольшее совпадение планируемой и фактической урожайности отмечено в условиях орошения при 1-м уровне минеральной и навозно-минеральной систем удобрения (95—152 % к

планируемой). На неполивном участке в аналогичных вариантах результат оказался несколько хуже (84—111 %). Применение 1-го уровня минеральных удобрений обеспечило получение максимально возможной урожайности ячменя во все годы исследований.

4. В результате орошения урожайность культур в годы с сильным дефицитом влаги в почве (1981) на фоне высоких норм удобрений возросла в 1,5—2,7 раза.

5. Окупаемость 1 кг НРК на поливном участке составила 6,0—8,4 кг корм. ед., на неполивном — 5,0—7,5 кг корм. ед.

6. При запасном и ежегодном внесении двойного суперфосфата продуктивность севооборота была одинаковой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаров Х. К., Демин В. А., Девин В. К. Продуктивность севооборота и качество урожая при разном уровне удобрения.— Изв. ТСХА, 1980, вып. 1, с. 71—79.— 2. Асаров Х. К., Демин В. А., Правда И. И. Урожай культур кормового севооборота и его качество в условиях орошения при разных системах удобрений дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.— Изв. ТСХА, 1983, вып. 1, с. 14—22.— 3. Демин В. А. Обоснование рациональных систем удобрения в севооборотах при интенсификации сельскохозяйственного производства Нечерноземной зоны.— Автореф. докт. дис. М., 1985.— 4. Демин В. А., Правда 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. Девин В. К., Демин В. А. Продуктивность кормового севооборота при различных уровнях обеспеченности удобрениями.— Докл. ТСХА, 1979, вып. 253, с. 5—8.— 6. Демин В. А., Кондрашин Б. С. Продуктивность кормового севооборота, качество продукции и плодородие дерново-подзолистой почвы при разных системах удобрения и орошения.— Изв. ТСХА, 1988, вып. 1, с. 46—50.— 7. Кулаковская Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев.— Минск: Урожай, 1978.— 8. Сапожников Н. С., Корнилов М. Ф. Научные основы систем удобрения в Нечерноземной полосе.— М.: Колос, 1977.— 9. Тикавый В. А., Прошляков А. А. Эффективность систематического применения удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых почвах.— Химия в сельск. хоз-ве, 1983, № 9, с. 10—12.

Статья поступила 30 ноября 1989 г.

SUMMARY

To determine rational and highest permissible standards of applied fertilizers, two levels of mineral and two levels of manure-mineral systems in 4-course rotation were investigated in three rotations. It is shown that on the average during 12 years the former systems (120N68P133K and 184N115P206K) provided obtaining 105—152 % of the planned yield with irrigation, 98—144 % without irrigation, and 75—133 and 69—104 % depending on the crop type; the latter (120N68P133K + 17.5 tons of manure and 184N115P206K + 17.5 tons of manure) — 80—146 and 37—111 %, 64—128 and 58—93 % respectively.