

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

В. А. ДЕМИН, И. И. ПРАВДА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

При возрастающем уровне химизации земледелия увеличивается значение исследований эффективности высоких норм удобрений и их влияния на качество урожая, а также на плодородие почвы.

Цель нашей работы — определить оптимальные нормы удобрений в кормовых севооборотах на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах при орошении в районах интенсивной химизации земледелия [2, 3, 5, 6, 9], так как до настоящего времени большинство опытов проведено при низком уровне насыщения севооборотов удобрениями [1, 4, 8].

Условия и методика опыта

Исследования проводили в 1976—1982 гг. в стационарном опыте, заложенном в учхозе «Михайловское» Московской области. Схема опыта включает 6 вариантов с разными нормами удобрений в среднем на 1 га севооборота: 1—без удобрений; 2—в 1-ю ротацию 130N80P145K, во 2-ю 115N62P127K, или соответственно 355 и 305 кг д. в.; 3—вариант 2+17 т навоза; 4—в 1-ю ротацию 212N140P222K, во 2-ю 170N102P198K, или 574 и 470 кг д. в.; 5—вариант 4+17 т навоза; 6—нормы NPK по варианту 4, но фосфорное удобрение вносится в запас один раз в 4 года. Нормы минеральных удобрений под отдельные культуры севооборота и агрохимическая характеристика почвы перед закладкой опыта опубликованы ранее [3, 6].

Для сравнения действия удобрений в орошаемых и неорошаемых условиях опыт расположен на двух участках. В соответствии с метеорологическими условиями в вегетационные периоды 1976—1982 гг. поддерживающее орошение отдельных культур севооборота проводилось в 1977 и 1982 гг., а обязательное—в 1979 и в 1981 гг., т. е. в течение 4 вегетационных периодов из 7 требовалось орошение кормовых культур.

Севооборот включал следующие культуры: вику сорта Льговская, а с 1980 г.—горох Немецкий кормовой, овес Геркулес, озимую рожь Восход 1, кукурузу гибрид Днепровский 247, картофель Лорх (с 1980 г. сорт Бирюза), ячмень Московский 121 (с 1981 г. сорт Надя). Агротехника возделывания общепринятая для Центрального района Нечерноземной зоны.

Учет урожая проводили сплошным методом. При учете урожайности влажность зерна, сена и соломы приводили к стандартной—соответственно 14 и 16 %. Математическую обработку проводили дисперсионным методом [10]. В годы, когда орошение было эффективным на фоне удобрений, обработку данных делали как для двухфакторного опыта [7].

В растительных образцах определяли: азот микрометодом Кьельдаля, фосфор по Труогу—Мейеру, калий на пламенном фотометре,

кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре; крахмал в клубнях картофеля по Эверсу, белок в зерне ячменя по Барнштейну; нитраты в свежих растительных образцах с помощью ионселективного электрода.

В почвенных образцах перед началом и в конце 1-й ротации севооборота по профилю на глубину до метра определяли: $pH_{\text{сол}}$, гидролитическую кислотность по Каппену, сумму поглощенных оснований по Каппену — Гильковицу, подвижные формы P_2O_5 и K_2O по Кирсанову, обменный кальций и магний из вытяжки 1 н. раствора $NaCl$ (соотношение почва : раствор 1 : 20) на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Ежегодно в почвенных образцах (слои 0—20, 20—40 см) определяли $pH_{\text{сол}}$, P_2O_5 и K_2O по Кирсанову, а в 1982 г. — содержание гумуса по Тюрину.

Результаты исследований

Урожайность культур кормового севооборота. За 1-ю ротацию севооборота (табл. 1) в варианте 2 (130N80P145K) на 1-м и 2-м участках получены существенные прибавки урожайности по сравнению с контролем: сена вико-овсяной смеси — 11,6—12,0 ц/га, зеленой массы озимой ржи — 42—44, кукурузы при поукосном возделывании — 116—117, картофеля — 38—44, ячменя — 4,8—5,7 ц/га. Урожайность всех культур, кроме ячменя, превышала планируемую. Дальнейшее увеличение норм удобрений не давало существенной прибавки урожая.

Т а б л и ц а 1

Урожайность культур севооборота (ц/га) в среднем по периодам учета

Культура	Вариант опыта						НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6	
За 1976—1979 гг.							
Вика с овсом, сено	43,2 37,1	54,8 49,1	56,2 54,1	55,8 54,7	56,5 53,8	55,9 55,0	4,4 5,6
Оз. рожь, зеленая масса	128 132	172 174	178 190	198 201	202 197	200 198	25 24
Кукуруза, зеленая масса	216 132	333 248	352 245	354 248	378 256	355 246	34 32
Картофель	166 151	204 195	214 207	212 200	210 210	211 195	19 22
Ячмень	26,8 26,5	32,5 31,3	32,3 31,3	32,4 32,5	34,1 31,9	31,8 31,5	3,4 3,0
За 1980—1982 гг.							
Горох с овсом, сено	39,1 32,3	53,1 49,0	62,4 53,6	64,4 54,5	69,6 55,3	65,6 54,3	3,0 3,4
Оз. рожь, зеленая масса	113 111	227 219	269 273	277 283	267 276	270 268	19 17
Кукуруза, зеленая масса	286 236	568 419	662 482	693 491	732 516	691 491	30 29
Картофель	150 109	225 185	258 206	271 213	291 213	268 204	19 15
Ячмень	25,6 20,9	36,3 28,3	36,8 28,4	37,2 28,2	37,5 28,5	37,2 27,7	2,3 1,6

П р и м е ч а н и е. В этой и других таблицах в числителе — на орошаемом участке, в знаменателе — на неорошаемом.

Урожайность культур севооборота (ц/га) в засушливые 1979 и 1981 гг.

Культура	Вариант опыта						НСР ₀₅		
	1	2	3	4	5	6	общая	для удоб-рений	для ороше-ния
1979 г.									
Вика с овсом, сено	<u>30,4</u> 21,3	<u>44,2</u> 37,4	<u>45,6</u> 42,4	<u>46,3</u> 41,7	<u>45,8</u> 44,0	<u>45,3</u> 39,3	3,3	2,3	1,3
Кукуруза, зеленая масса	<u>277</u> 120	<u>392</u> 185	<u>398</u> 164	<u>412</u> 164	<u>401</u> 159	<u>387</u> 151	27	19	11
1981 г.									
Горох с овсом, сено	<u>35,8</u> 21,0	<u>50,4</u> 41,1	<u>60,7</u> 38,8	<u>71,5</u> 39,8	<u>79,9</u> 39,4	<u>73,4</u> 41,2	3,8	2,7	1,6
Кукуруза, зеленая масса	<u>311</u> 224	<u>702</u> 345	<u>849</u> 336	<u>900</u> 351	<u>974</u> 342	<u>919</u> 333	47	33	19
Картофель	<u>223</u> 120	<u>322</u> 224	<u>372</u> 238	<u>406</u> 245	<u>451</u> 241	<u>403</u> 231	23	16	9
Ячмень	<u>28,9</u> 16,1	<u>44,6</u> 21,3	<u>45,0</u> 22,4	<u>46,1</u> 20,9	<u>45,9</u> 21,6	<u>45,6</u> 20,8	2,4	1,7	1,0

В среднем за 3 года 2-й ротации севооборота на 1-м уровне НРК также наблюдалось значительное повышение урожайности всех культур на обоих участках по сравнению с контролем. Вместе с тем в отличие от 1-й ротации увеличения норм НРК от 1-го до 2-го уровня (вариант 4) обеспечило, особенно на поливном участке, достоверные прибавки урожая всех культур, кроме ячменя. При орошении отмечались значительные прибавки урожаев в варианте 3 (1-й уровень НРК+навоз): горохо-овсяной смеси — 9 ц/га, озимой ржи — 42 и кукурузы — 94, картофеля — 33 ц/га. Возросла урожайность в варианте 5 (2-й уровень НРК+навоз), особенно в посевах горохо-овсяной смеси.

На неорошаемом участке наиболее эффективным был 1-й уровень НРК в сочетании с 17 т навоза на 1 га.

Варианты 4 и 6 (внесение фосфора в запас 1 раз в 4 года) в годы опыта (1976—1982 гг.) практически не различались по урожайности культур севооборота.

Прибавка урожая зеленой массы кукурузы и сена вико-овсяной смеси от орошения (табл. 2) составила в 1979 г. в контроле соответственно 157 и 9 ц/га, при внесении удобрений — 207—248 и 5—7 ц/га. В более засушливом 1981 г. отмечалась высокая урожайность культур на орошаемом участке как при 1-м, так и при 2-м уровне НРК (вари-

Т а б л и ц а 3

Продуктивность севооборота (ц корм. ед/га)

Период учета	Вариант опыта						НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6	
Планируемая урожайность	33	56	75	82	98	82	
1976—1979 гг.	<u>47</u> 41	<u>66</u> 60	<u>68</u> 63	<u>68</u> 63	<u>71</u> 64	<u>68</u> 62	4,7 5,0
1980—1982 гг.	<u>46</u> 38	<u>77</u> 63	<u>89</u> 72	<u>92</u> 74	<u>96</u> 75	<u>91</u> 72	3,6 3,1

Содержание белка в зерне ячменя (% на абсолютно сухую массу) и крахмала в клубнях картофеля (% на сырую массу) в среднем за 1979—1982 гг.

Культура	Вариант опыта					
	1	2	3	4	5	6
Ячмень	9,5	11,3	11,6	11,9	12,1	11,8
	10,0	11,7	11,9	12,0	12,2	12,0
Картофель	13,8	11,9	12,2	11,5	12,0	11,4
	14,1	12,0	12,2	11,5	11,7	11,5

анты 2 и 4). Заметно проявилось в этих условиях и действие, а также последствие навоза (варианты 3 и 5) в посевах всех культур севооборота, кроме ячменя.

Разовый полив кукурузы и картофеля в 1982 г. лишь незначительно повысил их урожайность.

Несмотря на значительные отклонения в отдельные годы фактической урожайности от планируемой, в среднем за 7 лет опыта при 1-м уровне NPK (вариант 2) урожайность ячменя и картофеля была на уровне планируемой, озимой ржи и однолетних трав — на 12—14 % выше планируемой, а кукурузы — на 10 и 50 % выше соответственно на неполивном и поливном участках. При 2-м уровне NPK (вариант 4) фактическая урожайность ввиду неблагоприятных погодных условий даже на орошаемом участке уступала на 7—20 % планируемой, а по картофелю и ячменю — на 10—30 %.

За 1976—1979 гг. продуктивность севооборота при 1-м уровне NPK составила 60—66 ц корм. ед/га и была на 10—18 % выше планируемой (табл. 3). Повышение норм удобрений не увеличивало продуктивность севооборота. В среднем за 1980—1982 гг. в условиях орошения и без него при 1-м уровне NPK (305 кг д. в. на 1 га) и NPK + навоз (варианты 2 и 3) продуктивность севооборота оказалась более высокой: на орошаемом участке — соответственно 77 и 89, на неорошаемом — 63 и 72 ц корм. ед. с 1 га. Однако максимальной она была

Таблица 5

Минимальное и максимальное содержание нитратов (NO₃) в растениях (% на сухую массу) в 1980—1982 гг.

Культура и фаза развития	Вариант		
	1	3	5
Горох + овес:			
3-й лист — кущение	0,24—0,44	0,40—0,51	0,57—0,78
цветение — выметывание	0,02—0,12	0,05—0,17	0,04—0,27
Оз. рожь:			
выход в трубку	0,13—0,26	0,20—0,36	0,19—0,43
начало колошения	0,01—0,11	0,03—0,19	0,03—0,18
Кукуруза:			
образование 7—9 листьев	0,16—0,35	0,36—0,73	0,42—0,70
цветение метелки	0,04—0,14	0,08—0,25	0,10—0,33
Ячмень:			
выход в трубку	0,04—0,23	0,20—0,27	0,17—0,30
молочная спелость	0,01—0,03	0,01—0,04	0,01—0,05
Картофель:			
начало клубнеобразования	0,12—0,27	0,20—0,43	0,24—0,50
конец клубнеобразования	0,02—0,08	0,01—0,12	0,03—0,10

Вынос азота, фосфора и калия урожаем (кг на 10 ц основной продукции с учетом побочной) за 1979—1982 гг. на орошаемом участке

Элемент питания	Вариант опыта					
	1	2	3	4	5	6
Горох с овсом, сено						
N	16,1	18,3	19,7	20,1	21,0	21,2
P ₂ O ₅	6,3	6,5	7,1	7,0	6,9	6,5
K ₂ O	18,1	22,7	26,0	26,2	26,7	26,0
Оз. рожь, зеленая масса						
N	3,0	3,2	3,7	3,9	3,8	3,8
P ₂ O ₅	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
K ₂ O	5,1	6,6	6,1	6,3	6,1	6,3
Кукуруза, зеленая масса						
N	1,6	1,7	1,8	2,0	2,0	1,9
P ₂ O ₅	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
K ₂ O	2,8	3,2	3,4	3,5	3,4	3,4
Картофель						
N	3,6	4,5	5,0	5,4	5,3	5,5
P ₂ O ₅	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5
K ₂ O	6,2	6,9	7,7	8,4	8,1	8,1
Ячмень						
N	24,8	32,7	35,0	36,6	38,4	38,2
P ₂ O ₅	12,9	14,4	15,0	14,5	15,4	15,1
K ₂ O	25,5	34,2	37,7	40,1	42,4	41,8

в условиях орошения при 2-м уровне NPK+навоз: в среднем 96 ц, а по отдельным полям — 120—129 ц корм. ед. с 1 га. На фоне удобрений орошение повысило продуктивность культуры за 1-ю ротацию в среднем на 9—11 %, за три года 2-й — на 23—29 %.

Качество урожая. Применение минеральных удобрений повышало содержание белка в зерне ячменя. При 1-м уровне разница по отношению к контролю составила 1,5—1,8 % (табл. 4), при 2-м — она увеличилась еще на 0,4—0,9 %. В остальных культурах севооборота содержание сырого белка возрастало с увеличением норм удобрений относительно контроля в 1,2—1,5 раза, а содержание крахмала в клубнях картофеля, наоборот, уменьшалось — разница 0,4—2,3 %. Содержание калия в урожае всех культур, кроме ячменя, увеличивалось при внесении NPK в среднем в 1,2—1,7 раза, а содержание фосфора, кальция и магния мало изменялось по вариантам.

При внесении под горохо-овсяную смесь и озимую рожь 130—170 N, под кукурузу — 170—210, под картофель и ячмень — 190—250 N в вариантах 3 и 5 в среднем за 1980—1982 гг. содержание нитратов в продукции было значительно ниже допустимых концентраций (табл. 5). Максимальным их накопление отмечалось только в 1980 г. в зеленой массе кукурузы (0,33 % на сухую массу) и горохо-овсяной смеси (0,27 %), минимальное — в клубнях картофеля и зеленой массе ячменя (0,01—0,05 % на сухую массу). По мере роста растений концентрация нитратов в них снижалась. В неблагоприятные по погодным условиям годы содержание нитратов в урожае было выше.

Вынос и баланс питательных веществ. При внесении повышенных норм удобрений вынос питательных веществ единицей урожая основной продукции (с учетом побочной) во многих случаях отличался от его значений, приведенных в справочниках для низких или средних норм удобрений. Так, если этот показатель у озимой ржи и картофеля был близким к справочным данным, то у кукурузы в удобренных вариантах меньше, а у горохо-овсяной смеси и особенно

Баланс азота, фосфора и калия в севообороте за 1976—1982 гг. (поле 2)

Вариант опыта	Внесено с удобрениями и семенами, кг/га	Орошаемый участок			Неорошаемый участок		
		вынесено урожаем, кг/га	баланс		вынесено урожаем, кг/га	баланс	
			кг/га	% к выносу		кг/га	% к выносу
N							
1	20	476	-456	—	382	-362	—
2	940	896	444	105	793	147	119
3	1405	1037	368	135	899	506	156
4	1450	1136	314	128	996	454	146
5	1915	1218	697	157	1016	899	188
6	1450	1155	295	126	990	460	146
P ₂ O ₅							
1	10	236	-226	—	183	-173	—
2	520	340	180	153	297	223	175
3	777	382	395	203	322	455	241
4	890	410	480	217	348	542	256
5	1147	418	729	274	355	792	323
6	890	411	479	217	345	545	258
K ₂ O							
1	50	731	-681	—	598	-548	—
2	1040	1265	-225	82	1175	-135	89
3	1549	1508	41	103	1391	158	111
4	1580	1698	-118	93	1532	48	103
5	2089	1751	338	119	1567	522	133
6	1580	1696	-106	94	1478	102	107

ячменя из-за увеличения доли побочной продукции больше, чем указано в справочной литературе (табл. 6). Удобрения в среднем за 7 лет увеличивали вынос азота и калия в 1,2—1,7 раза, фосфора — в 1,1—1,2 раза по сравнению с контролем.

При расчете хозяйственного баланса (табл. 7) в приходной части учитывали поступление питательных веществ с удобрениями и семенами, в расходной части — только вынос питательных веществ урожаем культур. При 1-м уровне NPK (305—355 кг д. в. на 1 га) баланс был положительным по азоту (105—120 % к выносу) и фосфору (150—180 %), отрицательным по калию (80—90 %), особенно при орошении. При этом баланс азота оказался близким к планируемому, фосфора и калия — несколько ниже. При 2-м уровне NPK (470—574 кг д. в. на 1 га) в условиях орошения баланс азота, фосфора и калия находился в пределах планируемого, без орошения — был выше него.

Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. За 1-ю ротацию севооборота (1976—1979 гг.) по мере повышения норм удобрений в слоях почвы 0—20, 20—40 см увеличивались содержание подвижных форм фосфора и калия, обменная и гидролитическая кислотность, снижалась сумма поглощенных оснований (табл. 8). В более глубоких слоях существенных изменений не отмечалось. За 1976—1982 гг. 1-й уровень NPK+навоз (вариант 3) обеспечивал не только высокую продуктивность севооборота, но и некоторое повышение содержания гумуса в слое почвы 0—20 см (на 0,10—0,14 %), а также подвижных форм фосфора (на 4—6 мг) и калия (на 7 мг в 100 г). При этом почва в меньшей степени подкислялась, чем в варианте 2.

В год внесения повышенной нормы суперфосфата в запас на 4 года содержание подвижных форм фосфора в почве было выше, чем при ежегодном его внесении, на 3—4 мг, но в последующие годы различия вариантов 4 и 6 по этому показателю сглаживались.

Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений рассчитывали разностным методом. При

Агрохимические показатели почвы в среднем по 4 полям в слое почвы 0—20 см

Вариант	Гумус, %	pH _{сол}	N _p	S	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100 г почвы		по Кирсанову, мг/100 г почвы	
Перед закладкой опыта в 1975 г.						
	1,63	6,0	2,4	11,6	11,8	11,5
В конце 1-й ротации в 1979 г. и в 1982 г. (в скобках)						
1	(1,59)	6,0 (5,6)	2,4	10,2	9,0 (8,5)	10,0 (8,8)
2	(1,66)	5,8 (5,3)	2,8	8,9	12,1 (14,1)	13,4 (15,8)
3	(1,72)	5,8 (5,8)	2,5	9,6	12,8 (15,7)	16,6 (18,7)
4	(1,66)	5,4 (5,1)	3,1	9,0	14,6 (17,6)	18,2 (21,5)
5	(1,77)	5,5 (5,4)	2,7	9,2	15,3 (19,6)	20,1 (23,4)
6	(1,68)	5,4 (5,0)	3,2	8,5	14,2 (16,3)	18,0 (21,6)

орошении в среднем за 1976—1982 гг. коэффициент использования азота минеральных удобрений составил около 40 %, фосфора—20—25, калия—около 55 %; коэффициенты использования этих элементов из органических удобрений—соответственно 15—25 %, 6—14, 16—42 %. Из почвы в растения поступало 17—34 % легкогидролизуемого азота, 6—12 % фосфора и 23—34 % калия.

Экономическая эффективность изучаемых систем удобрения в севообороте. Применяемые системы удобрения в севообороте в целом за 7 лет проведения опыта (1976—1982 гг.) были экономически выгодными. Однако в неорошаемых условиях лучшие экономические показатели (чистый доход 610—760 руб. на 1 га, рентабельность 85—115 %) получены при 1-м уровне NPK (305—355 кг д. в. на 1 га) и NPK+навоз (всего 490—540 кг д. в. на 1 га). В 1980—1982 гг. все системы удобрения на фоне орошения были более эффективными (на 30—50 % по чистому доходу), чем без орошения. При этом чистый доход на 1 га составил 800—1140 руб., рентабельность—110—140 %, окупаемость 1 руб. дополнительных затрат прибавкой урожая—около 7 руб.

Учитывая влияние удобрений на продуктивность севооборота, качество продукции, плодородие почвы, а также экономическую эффективность, наиболее рациональным следует считать внесение на 1 га севооборота минеральных удобрений в норме 115—130N62—80P127—145K и 17 т навоза.

Выводы

1. В 1-ю ротацию кормового севооборота (в 1976—1979 гг., в основном неблагоприятные для роста и развития изучаемых культур) на орошаемом и неорошаемом участках 1-й уровень NPK (355 кг д. в. в среднем на 1 га севооборота, или 130N80P145K) обеспечил продуктивность, на 10—18 % превышающую планируемую (60—66 ц корм. ед/га). Дальнейшее повышение норм удобрений не было эффективным.

За 3 года 2-й ротации (1980—1982 гг.) при 1-м уровне NPK (305 кг д. в./га, или 115N62P127K) и NPK+навоз (115N62P127K+17 т/га) получена высокая продуктивность севооборота: на орошаемом участке соответственно 77 и 89, на неорошаемом—63 и 72 ц корм. ед/га. Однако максимальной она была при 2-м уровне NPK+навоз (170N102P198K+17 т/га): в среднем 96 ц, а по отдельным полям 120—129 ц корм. ед/га.

2. За 7 лет исследований (1976—1982 гг.) поддерживающее орошение отдельных культур требовалось в 1977 и 1982 гг., а системати-

ческое — в 1979 и 1981 гг., т. е. в 4 вегетационных периода из 7 необходимо было проводить поливы.

На фоне удобрений орошение повышало продуктивность культур за 1-ю ротацию в среднем на 9—11 %, за 3 года 2-й — на 23—29 %.

3. В среднем за 1976—1982 гг. при 1-м уровне NPK была получена планируемая урожайность ячменя и картофеля, выше планируемой — озимой ржи и однолетних бобово-злаковых трав (на 12—14 %), а также кукурузы (на 10 % без полива и 50 % при поливах). При более высоких нормах удобрений фактическая урожайность из-за неблагоприятных погодных условий даже на орошаемом участке была на 7—30 % ниже планируемой.

4. При запасном (1 раз в 4 года) внесении повышенной дозы двойного суперфосфата получены практически такие же урожаи культур севооборота, как и при ежегодном его применении. Содержание подвижных форм фосфора в почве в год внесения суперфосфата в запас было выше на 3—4 мг на 100 г, в последующие годы различия этих вариантов по данному показателю сглаживались.

5. В среднем за 1979—1982 гг. с увеличением норм удобрений в урожае сельскохозяйственных культур возросло содержание сырого белка и белка (в 1,2—1,5 раза) и снижалось содержание крахмала в клубнях картофеля (на 0,4—2,3 %), увеличивалось содержание калия (в 1,2—1,7 раза), а содержание фосфора, кальция и магния, а также калия в зерне ячменя оставалось довольно стабильным.

6. При внесении 130—170N под горохо-овсяную смесь, 130—170N — под озимую рожь, 170—210N — под кукурузу, 190—250N — под картофель и ячмень совместно с фосфором и калием (варианты 3 и 5) в 1980—1982 гг. содержание нитратов в продукции было значительно ниже допустимого уровня. Самая высокая их концентрация отмечена в 1980 г. в зеленой массе кукурузы (0,33 % на сухую массу) и горохово-овсяной смеси (0,27 %).

7. При внесении удобрений вынос фосфора культурами севооборота увеличивался в 1,1—1,2 раза, азота и калия — в 1,2—1,7 раза по сравнению с контролем, а вынос кальция и магния изменялся незначительно.

8. Баланс питательных веществ за 1976—1982 гг. при 1-м уровне NPK (305—355 кг д. в. на 1 га) был положительным по азоту (105—120 % к выносу) и фосфору (150—180 %), отрицательным по калию (80—90 %), особенно при орошении. Баланс по азоту был близким к планируемому, по фосфору и калию — несколько ниже его. При 2-м уровне NPK (470—574 кг д. в. на 1 га) в условиях орошения баланс по азоту, фосфору и калию находился в пределах планиваемого, без орошения — оказался выше его.

9. За 1-ю ротацию севооборота (1976—1979 гг.) при внесении высоких норм удобрений агрохимические показатели почвы изменялись лишь до глубины 40 см. За весь 7-летний период (1976—1982 гг.) 1-й уровень NPK+навоз (490—540 кг д. в. на 1 га) обеспечивал не только высокую продуктивность севооборота, но и увеличение содержания в почве гумуса (на 0,10—0,14 %), подвижных форм фосфора (на 4—6 мг/100 г) и калия (на 7 мг). При этом почва подкислялась в меньшей степени, чем при 1-м уровне NPK.

10. Коэффициенты использования питательных веществ культурами из минеральных удобрений при орошении в среднем за 7 лет составили: азота — около 40 %, фосфора — 20—25, калия — около 55 %, из дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы — соответственно 17—34, 6—12 и 23—34 %.

11. В неорошаемых условиях лучшие экономические показатели за семилетний период получены при 1-м уровне NPK+навоз. В 1980—1982 гг. при всех системах удобрения чистый доход на фоне орошения был больше на 30—50 %, чем без орошения.

12. При комплексной оценке (по продуктивности севооборота, качеству продукции, плодородию почвы и экономической эффективности

удобрений) наилучшим был вариант совместного внесения на 1 га севооборота минеральных удобрений в норме 115—130N62—80P127—145K и 17 т навоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаров Х. К., Гулякин И. В., Демин В. А. и др. Применение минеральных удобрений в Нечерноземной зоне (на примере Московской области).—Изв. ТСХА, 1976, вып. 1, с. 50—60.—2. 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.—3. Асаров Х. К., Демин В. А., Правда И. И. Урожай культур кормового севооборота и его качество в условиях орошения при разных системах удобрения дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.—Изв. ТСХА, 1983, вып. 1, с. 14—22.—4. Гулякин И. В., Жуков Ю. П., Чуприков Ю. К. Влияние многолетнего применения удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и свойства почвы.—Докл. ТСХА, 1973, вып. 193, с. 15—19.—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., 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.—7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979.—8. Сироткина И. А. Влияние различной обеспеченности севооборота удобрениями на урожай сельскохозяйственных культур и агрохимические свойства почвы.—Автореф. канд. дис. М., 1971.—9. Третьяков Н. Н., Латифов Н. Л., Осипов В. Н. и др. Урожайность кормовых культур в зависимости от метеорологических условий в Нечерноземной зоне РСФСР.—Изв. ТСХА, 1980, вып. 1, с. 37—48.—10. Юдин Ф. А. Методика агрохимических исследований М.: Колос, 1980.

Статья поступила 14 декабря 1983 г.

SUMMARY

Combined application of commercial fertilizers at the rate of 115-170N62-80P127-145K and 17 tons of manure per 1 ha proved to be the most effective in crop rotation productivity, produce quality, soil fertility improvement and fertilizers economic efficiency on cultivated soddy podzolic medium loam soil in fodder crop rotation for 1976—1982. Under irrigation it is reasonable to increase average rates of commercial fertilizers per 1 ha up to 170-212N102-140P198-222K in combination with 17 tons of manure.