

УДК 631.559:631.582:631.816.1

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ВО ВТОРОЙ РОТАЦИИ 4-ПОЛЬНОГО СЕВООБОРОТА ПРИ РАСЧЕТНЫХ НОРМАХ УДОБРЕНИЙ

Ю. П. ЖУКОВ, О. В. ГОРСТ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Настоящая работа посвящена экспериментальной проверке возможности получения планируемых урожаев сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой почве в севообороте при использовании систем удобрения, рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов. Стационарный полевой опыт заложен в 1974 г. в совхозе «Октябрьский» Рузского района Московской области.

Схема и методика исследований, характеристика почвы представлены ранее [1]. Испытывались расчетные нормы удобрений во 2-й ротации севооборота — озимая пшеница — картофель — ячмень с подсевом клевера — клевер красный — на два уровня планируемых урожаев: I — соответственно 40, 200, 30 и 60 ц/га, II — 60, 300, 45 и 90 ц/га. Для получения I уровня урожаев испытывались 2, 3 и 6-я системы удобрения (варианты), II уровня — 4-я и 5-я системы; контроль (фон — припосевное внесение фосфора) — 1-я система.

Балансовые коэффициенты в системах различались только по фосфору. Поскольку содержание калия в почве во 2-м и 4-м вариантах после 1-й ротации севооборота отличалось от такового в остальных системах, балансовые коэффициенты по калию в этих вариантах были скорректированы. В 3-й и 4-й системах применяли навоз (соответственно 40 и 60 т/га).

Применение расчетных норм удобрений позволило в отдельные годы (табл. 1) получать равные или близкие к планируемым урожаям

Т а б л и ц а

Изменение урожайности (ц/га) культур севооборота в зависимости от систем удобрения

Система удобрения	1978	1979	1980	1981	В среднем	1978	1979	1980	1981	В среднем
	Оз. пшеница					Картофель				
1	20,0	16,9	18,6	27,7	20,8	79	112	98	104	98
2	25,0	32,3	27,4	38,2	30,7	123	256	123	191	173
3	23,0	30,0	35,4	43,0	32,9	123	257	110	210	175
4	28,2	32,5	46,0	61,2	42,0	185	287	120	308	225
5	26,8	41,4	41,9	60,4	42,6	193	318	125	311	237
6	24,4	35,8	33,2	60,5	38,5	108	269	113	238	182
НСР ₀₅	3,2	2,3	3,0	4,5	—	26	24,5	9,0	4,5	—
	Ячмень с подсевом клевера					Клевер (сено)				
1	16,0	13,6	5,2	14,3	12,3	28,5	17,5	33,7	28,5	27,1
2	25,8	14,6	10,6	21,0	18,0	41,8	35,6	57,2	34,5	42,3
3	21,4	15,0	7,7	21,1	16,3	36,1	36,9	77,0	41,2	47,8
4	27,0	15,9	11,0	26,9	20,2	55,4	45,6	92,7	59,7	63,4
5	24,5	17,0	14,2	31,7	21,9	50,6	40,3	85,5	61,1	59,4
6	23,4	14,6	14,1	24,9	19,3	40,6	34,2	74,2	42,0	47,8
НСР ₀₅	1,1	0,7	0,3	1,6	—	5,0	1,9	3,4	4,2	—

возделывавшихся культур: озимой пшеницы в 1981 г. во всех вариантах и в среднем за ротацию по 6-й системе; картофеля в 1979 и 1981 гг. во всех вариантах и в среднем за ротацию по 2, 3 и 6-й системам; сена трав в 1980 г. во всех вариантах. Под влиянием расчетных норм удобрений урожаи испытывавшихся культур в отдельные годы и в среднем за ротацию увеличивались в 1,5—2 раза.

Как и ожидалось, наибольшие прибавки урожаев обеспечивали системы удобрения, рассчитанные на II уровень продуктивности культур, причем навозо-минеральная система (4-я) имела заметное преимущество перед минеральной (5-й) только на травах, для ячменя лучшей оказалась минеральная, а для картофеля и озимой пшеницы обе системы были равноценны во все годы, кроме 1979 г. Из систем, рассчитанных на I уровень продуктивности, лучшей оказалась 6-я, а для трав — 6-я и 3-я.

Структура урожаев изменялась в зависимости от погодных и агротехнических условий и в меньшей степени от системы удобрения. Так, соотношение зерна и соломы у озимой пшеницы в 1979 г. было примерно в 1,5 раза, в 1981 г. — в 2 раза (кроме 2-го варианта) выше планируемого, а в 1980 г. — несколько ниже. У ячменя этот показатель в 1978 и 1979 гг. приближался к планируемому, в 1980 и 1981 гг. — заметно превышал его. У картофеля определенной закономерности в изменении соотношения клубней и ботвы по вариантам не установлено, однако в среднем за ротацию оно было наименьшим в 4-м варианте (2,3), наибольшим — в 5-м и 6-м (2,6).

Статистическая обработка полученных результатов (табл. 2) показала, что решающая роль в колебании урожаев зерна озимой пшеницы принадлежала системам удобрения (55 %), заметно также влияние погодных и агротехнических условий (35 %). Еще более значительна роль удобрений в колебании урожаев сена клевера (77 %), тогда как колебания урожаев зерна ячменя и клубней картофеля в основном определялись погодными и агротехническими условиями. Системы удобрения оказывали меньшее влияние на колебания урожаев ячменя и картофеля, чем погодные и агротехнические условия.

Поскольку вариабельность урожаев сельскохозяйственных культур под влиянием расчетных норм удобрений была неодинаковая, определялась общая продуктивность севооборота по вариантам в отдельные годы и в среднем за 2-ю ротацию (табл. 3).

Все системы удобрения оказались наиболее эффективными в 1979 и 1981 гг., особенно 4, 5 и 6-я системы в 1981 г., причем последняя была намного эффективнее, чем 2-я и 3-я. Во все годы 2-й ротации севооборота продуктивность культур уступала плановой, но выход основной продукции превышал таковой по плану (исключая 1978 г.). В среднем за ротацию наибольший урожай получен в 4-м и 5-м вариантах систем, рассчитанных на II уровень продуктивности, хотя достоверных различий между ними, как и между системами I уровня продуктивности, не установлено. Результаты дисперсионного анализа показали, что колебания продуктивности севооборота в отдельные годы в большей степени (на 65 %) зависели от применявшихся систем

Т а б л и ц а 2

Колебания урожайности культур во 2-й ротации севооборота
(% от общего варьирования, по результатам дисперсионного анализа)
в зависимости от различных факторов

Факторы	Оз. пшеница	Картофель	Ячмень	Клевер
Система удобрения	54,9	32,7	22,0	77,0
Погодные и агротехнические условия	34,8	54,6	68,6	14,0
Случайные факторы	10,3	12,7	9,4	9,0

Продуктивность севооборота при расчетных системах удобрения
(в числителе — хозяйственный урожай, ц корм. ед. на 1 га, в знаменателе —
выход основной продукции, %)

Система удобрения	1978	1979	1980	1981	В среднем	План
1	$\frac{23,9}{82,0}$	$\frac{22,8}{85,9}$	$\frac{21,6}{87,3}$	$\frac{26,8}{88,1}$	$\frac{23,8}{85,8}$	—
2	$\frac{35,2}{81,6}$	$\frac{42,0}{89,9}$	$\frac{32,6}{85,9}$	$\frac{42,0}{85,9}$	$\frac{38,0}{85,8}$	$\frac{50,6}{84,5}$
3	$\frac{31,8}{82,4}$	$\frac{42,0}{88,9}$	$\frac{35,7}{86,9}$	$\frac{44,7}{88,9}$	$\frac{38,6}{86,8}$	$\frac{50,6}{84,5}$
4	$\frac{44,4}{81,7}$	$\frac{47,4}{87,8}$	$\frac{44,2}{85,8}$	$\frac{62,9}{89,9}$	$\frac{49,7}{86,3}$	$\frac{76,0}{84,5}$
5	$\frac{41,8}{84,4}$	$\frac{52,4}{88,5}$	$\frac{41,7}{86,7}$	$\frac{64,2}{90,4}$	$\frac{50,0}{87,5}$	$\frac{76,0}{84,5}$
6	$\frac{32,7}{81,1}$	$\frac{44,2}{89,5}$	$\frac{37,3}{85,9}$	$\frac{53,5}{90,3}$	$\frac{41,9}{86,7}$	$\frac{50,6}{84,5}$
НСР ₀₅	—	—	—	—	5,9	—

Таблица 4

Содержание сырого белка и крахмала (в числителе, %) и сбор их с урожаями культур (в знаменателе, ц/га)

Система удобрения	1978	1979	1980	1981	В среднем	1978	1979	1980	1981	В среднем
	Оз. пшеница *					Картофель				
1	$\frac{9,0}{1,8}$	$\frac{9,8}{1,7}$	$\frac{9,3}{1,7}$	$\frac{10,7}{3,0}$	$\frac{9,7}{2,0}$	$\frac{15,1}{11,9}$	$\frac{17,9}{20,0}$	$\frac{15,7}{15,4}$	$\frac{16,4}{17,1}$	$\frac{16,2}{15,8}$
2	$\frac{10,3}{2,6}$	$\frac{12,0}{4,3}$	$\frac{10,9}{3,0}$	$\frac{12,0}{4,6}$	$\frac{11,3}{3,6}$	$\frac{14,3}{17,6}$	$\frac{16,1}{41,2}$	$\frac{10,5}{12,9}$	$\frac{13,7}{26,2}$	$\frac{13,7}{24,5}$
3	$\frac{9,1}{2,1}$	$\frac{11,8}{3,5}$	$\frac{9,9}{3,5}$	$\frac{13,1}{5,6}$	$\frac{11,0}{3,7}$	$\frac{14,1}{17,3}$	$\frac{15,4}{39,6}$	$\frac{15,2}{16,9}$	$\frac{16,0}{33,6}$	$\frac{15,2}{26,9}$
4	$\frac{10,0}{2,8}$	$\frac{12,5}{4,1}$	$\frac{10,1}{4,6}$	$\frac{12,0}{7,3}$	$\frac{11,2}{4,7}$	$\frac{13,8}{25,5}$	$\frac{14,8}{42,5}$	$\frac{10,2}{12,2}$	$\frac{14,4}{44,4}$	$\frac{13,3}{31,2}$
5	$\frac{10,1}{2,7}$	$\frac{13,4}{5,6}$	$\frac{9,8}{4,1}$	$\frac{12,8}{7,7}$	$\frac{11,5}{5,0}$	$\frac{14,0}{27,0}$	$\frac{15,0}{47,7}$	$\frac{7,6}{9,5}$	$\frac{12,8}{39,7}$	$\frac{12,4}{29,4}$
6	$\frac{10,3}{2,5}$	$\frac{12,1}{3,9}$	$\frac{10,4}{3,4}$	$\frac{12,0}{7,3}$	$\frac{11,2}{4,3}$	$\frac{14,7}{15,9}$	$\frac{16,6}{44,7}$	$\frac{14,2}{16,1}$	$\frac{14,2}{33,8}$	$\frac{14,9}{27,6}$
	Ячмень					Клевер **				
1	$\frac{9,6}{1,5}$	$\frac{11,6}{1,6}$	$\frac{12,5}{0,7}$	$\frac{11,5}{1,6}$	$\frac{11,3}{1,4}$	$\frac{16,3}{4,7}$	$\frac{17,0}{3,0}$	$\frac{13,4}{4,5}$	$\frac{13,0}{3,7}$	$\frac{14,9}{4,0}$
2	$\frac{10,4}{2,7}$	$\frac{13,7}{2,0}$	$\frac{13,0}{1,4}$	$\frac{13,4}{2,8}$	$\frac{12,6}{2,2}$	$\frac{17,9}{7,5}$	$\frac{16,0}{5,7}$	$\frac{10,9}{6,3}$	$\frac{13,3}{4,6}$	$\frac{14,5}{6,0}$
3	$\frac{10,0}{2,2}$	$\frac{13,6}{2,0}$	$\frac{12,8}{1,0}$	$\frac{13,1}{2,8}$	$\frac{12,4}{2,0}$	$\frac{17,8}{6,4}$	$\frac{15,2}{5,6}$	$\frac{12,7}{9,8}$	$\frac{13,6}{5,6}$	$\frac{14,8}{6,9}$
4	$\frac{11,3}{3,1}$	$\frac{14,0}{2,2}$	$\frac{14,0}{1,5}$	$\frac{14,5}{3,9}$	$\frac{13,5}{2,7}$	$\frac{18,3}{10,0}$	$\frac{17,6}{8,0}$	$\frac{15,1}{14,0}$	$\frac{16,2}{9,7}$	$\frac{16,8}{10,4}$
5	$\frac{10,5}{2,6}$	$\frac{13,7}{2,3}$	$\frac{13,1}{1,9}$	$\frac{13,7}{4,3}$	$\frac{12,8}{2,8}$	$\frac{16,9}{8,6}$	$\frac{16,6}{6,7}$	$\frac{10,8}{9,2}$	$\frac{17,5}{10,7}$	$\frac{15,5}{8,8}$
6	$\frac{10,4}{2,4}$	$\frac{13,8}{2,0}$	$\frac{13,6}{1,9}$	$\frac{14,0}{3,5}$	$\frac{13,0}{2,5}$	$\frac{16,8}{6,8}$	$\frac{16,7}{5,7}$	$\frac{14,1}{10,4}$	$\frac{14,4}{6,1}$	$\frac{15,5}{7,3}$

* В 1978 г. — ячмень.

** В 1980 г. — горохо-овсяная смесь.

удобрения и в меньшей (на 27 %) от погодных и агротехнических условий, тогда как колебания выхода основной продукции на 83 % обусловлены погодными и агротехническими условиями.

Как правило, под влиянием удобрений возрастало содержание белка в зерне колосовых (табл. 4). Причем по содержанию белка в зерне озимой пшеницы существенной разницы между вариантами не наблюдалось, а по уровню его в зерне ячменя выделялся 5-й вариант как в отдельные годы, так и в среднем за ротацию. Содержание сырого белка в сене клевера в 1978 и 1981 гг. при использовании всех расчетных норм удобрений было выше, чем в контроле, а в 1978 и 1980 гг. — ниже (за исключением 4-го варианта). Содержание крахмала в клубнях картофеля под влиянием удобрений снижалось во все годы ротации. Относительно лучшего качества клубни в отдельные годы и в среднем за ротацию получены при использовании 3-й и 6-й систем удобрения. Качество товарной продукции всех культур было наилучшим в 1979 и в 1981 гг. Сбор белка и крахмала увеличивался соответственно повышению урожая культур (табл. 4), максимальное количество белка и крахмала собрано в 4-м и 5-м вариантах, а при расчете на I уровень продуктивности — в 6-м.

При расчете систем удобрения на 2-ю ротацию исходили из средних затрат питательных элементов на создание единицы основной и соответствующего количества побочной продукции за 1-ю ротацию (табл. 5). Под влиянием удобрений у зерновых возрастали затраты азота и калия и мало изменялись затраты фосфора на единицу продукции. Затраты всех питательных элементов в среднем за ротацию в посевах ячменя были выше плановых, у озимой пшеницы затраты азота и фосфора — близки к плановым, а калия — ниже. У клевера под влиянием удобрений заметно повышалось использование калия на 10 ц сена, слабо или вообще не изменялось потребление фосфора и азота. В среднем за ротацию потребление азота и калия клевером было значительно ниже планового, а фосфора — несколько выше. У картофеля затраты азота и калия на единицу продукции под действием удобрений повышались во все годы, фосфора — только в 1980 г. Затраты элементов питания картофелем приближались к плановым в годы, наиболее благоприятные по погодным условиям (1979 и 1981). В среднем за ротацию потребление картофелем всех элементов, особенно калия, превышало плановые показатели.

Нами рассчитывались коэффициенты использования культурами питательных элементов из удобрений и почвы при испытывавшихся системах удобрения балансовым методом, т. е. как процентное отношение вынесенных хозяйственным урожаем элементов к их количеству, внесенному с удобрениями (табл. 6).

Из года в год в течение 2-й ротации балансовые коэффициенты увеличивались и в основном не только за счет повышения выноса пи-

Таблица 5

Средние (за 1978—1981 гг.*) затраты питательных элементов (кг) на 10 ц основной и соответствующее количество побочной продукции

Система удобрения	Оз. пшеница			Картофель			Ячмень			Клевер		
	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
1	22	13	12	46	14	68	33	18	26	7	7	19
2	27	13	15	63	15	91	36	17	31	8	6	24
3	26	12	14	61	15	98	35	18	32	7	7	28
4	27	13	16	69	15	105	37	18	34	8	7	27
5	27	11	15	63	14	100	37	18	33	8	7	28
6	26	12	15	65	15	96	34	18	29	8	6	27
План	27	11	20	50	11	80	27	13	25	10	5	35

* Для озимой пшеницы и клевера средние данные за 3 года.

** 1/3 общих затрат.

Потребление культурами (П) и балансовый коэффициент (К) использования питательных элементов в севообороте при расчетных системах удобрения

Внесено с удобрениями, кг/га	1978		1979		1980		1981		К (в среднем)		
	П	К	П	К	П	К	П	К	план.	факт.	
2-я система											
N	290	212	73	275	95	239	82	303	104	100	89
P ₂ O ₅	170	109	64	121	71	107	63	139	82	80	70
K ₂ O	525	305	58	362	69	360	69	367	70	100	67
3-я система											
N	290	182	63	272	94	261	90	301	104	100	88
P ₂ O ₅	225	96	42	129	57	137	61	155	69	60	57
K ₂ O	350	314	90	385	110	414	118	412	118	150	109
4-я система											
N	435	276	63	314	72	341	78	437	100	100	78
P ₂ O ₅	505	137	27	145	29	176	35	219	43	40	34
K ₂ O	410	485	118	476	116	520	127	539	131	200	123
5-я система											
N	430	260	60	352	82	308	72	437	102	100	79
P ₂ O ₅	505	132	26	153	30	156	31	215	43	40	33
K ₂ O	525	446	85	487	93	504	96	561	107	150	95
6-я система											
N	290	195	67	269	93	293	101	351	121	100	96
P ₂ O ₅	225	105	47	128	57	133	59	173	77	60	60
K ₂ O	350	348	99	381	109	377	108	461	132	150	112

тательных элементов на создание единицы урожая. Так, урожай ячменя и клевера в 1979 и 1981 гг. довольно близки, а коэффициент использования питательных элементов этими культурами в 1981 г. значительно выше. Урожайность картофеля в 1979 г. в 5-м варианте была максимальной, а в 1981 г. — несколько ниже, однако балансовые коэффициенты различались еще значительно. В 1981 г. балансовые коэффициенты использования азота и фосфора превышали плановые при всех системах, особенно в 6-м варианте (здесь были превышены планируемые урожаи озимой пшеницы и картофеля). Гораздо менее выражено увеличение балансового коэффициента по калию; его потребление во все годы ротации уступало планируемому. Все описанное выше может быть объяснено тем, что из года в год та или иная культура (несколько культур) не давала планируемого урожая, а следовательно, и намеченного выноса питательных элементов. В результате создавались условия для повышенного накопления последних в почве, кроме калия. Это и способствовало, в свою очередь, повышению потребления элементов культурами в последующие годы.

Заключение

Применение расчетных норм удобрений во 2-й ротации севооборота позволило получать планируемые или близкие к ним урожаи озимой пшеницы в 1981 г. во всех вариантах и в среднем за ротацию по 6-й системе, картофеля в 1979 и 1981 гг. во всех вариантах и в среднем за ротацию по 2, 3 и 6-й системам, сена трав в 1980 г. во всех вариантах. Под влиянием расчетных норм удобрений урожаи всех культур в отдельные годы и в среднем за ротацию возросли в 1,5—2 раза.

Колебания урожаев зерна озимой пшеницы и сена клевера в основном зависели от применения удобрений, а клубней картофеля и особенно зерна ячменя — от погодных и агротехнических условий.

Продуктивность культур севооборота во все годы ротации была ниже планируемой, а выход основной продукции превышал таковой по плану в последние 3 года. Колебания продуктивности культур севооборота в большей степени зависели от систем удобрений, а выхода основной продукции — от погодных и агротехнических условий.

Под влиянием удобрений возрастало качество зерна озимой пшеницы и ячменя во все годы ротации и сена клевера в 1978 и 1981 гг., однако содержание крахмала в клубнях картофеля было выше в контроле.

В среднем за ротацию получены практически равные плановым балансовые коэффициенты по азоту и фосфору во всех вариантах с удобрениями, по калию этот показатель был существенно ниже планового.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков Ю. П., Горст О. В. Продуктивность культур в 4-польном севообороте при системах удобрения, рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 2, с. 79—89. *Статья поступила 3 октября 1983 г.*

SUMMARY

Calculated rates of fertilization were tested in the second cycle of crop rotation—winter wheat—potatoes—barley with clover—red clover—for two levels of planned yields: a) 40, 200, 30 and 60 centners per ht respectively; and b) 60, 300, 45 and 90 centners per ha. The following yields close to the planned ones were received: of winter wheat, in 1981; of potatoes, in 1979 and 1981; of grass hay, in 1981. Under the influence of calculated rates of fertilization all crops yields grew 1.5-2 times in certain years and as an average during the rotation.

Balance coefficients of nitrogen and phosphorus under all systems of fertilization as an average during the rotation were practically equal to the planned ones, and those of potassium were considerably lower.