

УДК 631.582:631.8:631.559:631.445.2

## УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗВЕНЬЯХ СЕВОБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ

В. А. ДЕМИН, Н. И. РУЗЛЕВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

До настоящего времени в большинстве опытов агрохимической службы страны в Нечерноземной зоне РСФСР изучаются нормы удобрений для отдельных культур либо системы удобрения в севообороте при низкой и средней степени насыщения его удобрениями. Однако, учитывая стремительное развитие химизации сельскохозяйственного производства, особенно в Центральном районе Нечерноземной зоны, необходимо разрабатывать научно обоснованные системы удобрения в севооборотах, которые обеспечивали бы получение высоких и максимальных запланированных урожаев, соответствующее качество продукции и постепенное повышение плодородия почв [7].

По данным научных учреждений и передового производственного опыта [3—6], получать высокие и максимальные урожаи сельскохозяйственных культур в условиях Нечерноземной зоны РСФСР можно только на хорошо окультуренных почвах, характеризующихся повышенным или высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия и содержащих не менее 2 % гумуса. Однако исследователи не пришли к единому заключению относительно оптимального уровня подвижных форм фосфора по Кирсанову. Так, в одних случаях указывается колебание 15—25 мг  $P_2O_5$  на 100 г для дерново-подзолистых почв [4, 5], что соответствует высокому уровню обеспеченности, в других — 10—15 мг [2], что соответствует повышенному уровню. Содержание подвижных форм калия по Кирсанову в хорошо окультуренных почвах должно составлять 15—25 мг на 100 г почвы [4].

Цель нашего исследования — определить оптимальные уровни баланса питательных веществ в дерново-подзолистой окультуренной среднесуглинистой почве, которые обеспечивали бы получение высоких урожаев, надлежащее качество продукции и сохранение либо постепенное повышение плодородия почвы.

### Методика и условия эксперимента

Опыт проводили в учхозе «Михайловское» на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в 1982—1984 гг. на двух участках. В почве на участке 1 среднее исходное содержание подвижных форм фосфора — 8,2, на участке 2 — повышенное — 14,2 мг на 100 г (по Кирсанову). Другие агрохимические показатели исходной почвы в обоих случаях были практически одинаковые: гумус (по Тюрину) — 1,6,  $pH_{\text{сол}}$  — 4,7—4,9, гидролитическая кислотность — 3,9—4,3, сумма поглощенных оснований — 7,5—7,7 мэкв на 100 г. Перед закладкой опыта почву произвестковали по полной гидролитической кислотности.

Схема опыта включает 20 вариантов: 1 — без удобрений (контроль), варианты 2—6: 180 % Р и 120 % К при соответствен-

но 60, 80, 100, 125 и 150 % N (% к выносу элемента из почвы); варианты 7—10: 125 % N и 120 % К при соответственно 220, 150, 120 и 100 % Р; варианты 11—13: 125 % N и 180 % Р при соответственно 100, 80, 60 % К; вариант 14 — 70 % N, 125 % Р и 65 % К (на 80 % прибавки урожайности); 15 — 85 % N, 135 % Р и 75 % К (на 100 % прибавки урожайности); 16 — 90 % N, 150 % Р и 80 % К (на 120 % прибавки урожайности); 17 — 95 % N, 160 % Р и 85 % К (на 140 % прибавки урожайности); 18 — 105 % N, 170 % Р и 95 % К (на 160 % прибавки урожайности); 19 — расчет нормы удобрений на планируемую прибавку урожайности; 20 — расчет нормы удобрений на планируемую урожайность методом элементарного баланса.

Нормы удобрений (кг д. в. на 1 га) под культуры на участке 1 в 1982—1984 гг.

Вариант	Ячмень (1982 г.)			Картофель (1983 г.)			Ячмень (1984 г.)		
	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	65	110	140	75	70	240	65	50	60
3	85	110	140	100	70	240	85	50	60
4	110	110	140	125	70	240	105	50	60
5	135	110	140	155	70	240	135	50	60
6	160	110	140	190	70	240	155	50	60
7	135	135	140	155	85	240	135	65	60
8	135	90	140	155	60	240	135	45	60
9	135	75	140	155	50	240	135	35	60
10	135	60	140	155	40	240	135	30	60
11	135	110	115	155	70	200	135	50	50
12	135	110	95	155	70	160	135	50	40
13	135	110	70	155	70	120	135	50	30
14	60	60	60	70	40	100	60	30	25
15	75	75	75	90	50	130	75	35	30
16	90	90	90	105	60	150	90	45	40
17	110	105	105	125	65	180	105	50	45
18	120	115	115	140	75	200	120	55	50
19	120	145	125	125	70	135	120	80	70
20	120	135	140	120	60	120	120	70	95

В основу схемы опыта положено уточнение нормативов баланса питательных веществ для получения планируемой урожайности культур на почве со средним и повышенным содержанием подвижных форм фосфора и средним — калия. В качестве основного расчетного варианта принимался вариант 5 (расчет норм удобрений методом нормативного баланса на планируемую урожайность), в котором предусматривались нормативы баланса азота — 125 %, фосфора — 180 %, калия — 120 % к выносу их с урожаями. Как видно из схемы опыта, варианты 2—13 представляют собой разные нормы внесения одного из основных элементов питания при постоянном уровне двух других. Варианты 14—

18 — это теоретические нормативы баланса на заданную прибавку урожайности [1].

Опыт проводился в 4-кратной повторности, общая площадь делянки 12 м<sup>2</sup>. Чередувание культур следующее: на участке 1 — ячмень — картофель — ячмень; на участке 2 — картофель — ячмень — озимая пшеница. Сорты: ячмень — Надя, озимая пшеница — Мироновская 808, картофель — Бирюза.

В расчетных вариантах опыта 5, 19 и 20 планировалось получить зерна ячменя и озимой пшеницы по 40 ц, а клубней картофеля — 250 ц на 1 га. При расчете норм удобрений принимали, что вынос азота, фосфора и калия на 10 ц основной продукции (с учетом побочной) составит соответ-

Т а б л и ц а 2

Нормы удобрений (кг д. в. на 1 га) под культуры на участке 2 в 1982—1984 гг.

Вариант	Картофель (1982 г.)			Ячмень (1983 г.)			Оз. пшеница (1984 г.)		
	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	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	75	90	250	65	70	60	85	80	140
3	100	90	250	85	70	60	110	80	140
4	125	90	250	110	70	60	140	80	140
5	155	90	250	135	70	60	175	80	140
6	185	90	250	160	70	60	210	80	140
7	155	110	250	135	85	60	175	100	140
8	155	75	250	135	60	60	175	65	140
9	155	60	250	135	45	60	175	55	140
10	155	50	250	135	40	60	175	45	140
11	155	90	210	135	70	50	175	80	120
12	155	90	165	135	70	40	175	80	95
13	155	90	125	135	70	30	175	80	70
14	70	50	105	60	35	25	75	40	60
15	85	60	135	75	45	35	100	55	75
16	105	75	155	90	60	40	120	65	90
17	125	85	190	110	65	45	140	75	105
18	135	95	210	120	75	50	155	85	115
19	90	90	130	90	60	45	120	60	90
20	100	90	130	95	70	75	130	80	120

ственно для ячменя 27, 11 и 24 кг/га; для озимой пшеницы — 35, 12, 26; для картофеля — 5,0; 1,6; 7,0 кг; коэффициенты использования легкогидролизуемого азота — 20 %, подвижных фосфора и калия — 5—7 и 10—20 %. За ротацию севооборота коэффициент использования азота минеральных удобрений планировался на уровне 60 %, фосфора — 35, калия 70 %. Нормы удобрений под культуры на обоих участках представлены в табл. 1 и 2. Агротехника возделывания культур — рекомендованная для условий Московской области.

Вегетационные периоды в годы опыта существенно различались по метеорологическим условиям. Температурный режим и режим увлажнения в 1982 г. были близки к средним многолетним. В 1983—1984 гг.

в мае (начало вегетации) среднесуточная температура воздуха превышала норму на 3,7—8,0° при недостаточном количестве влаги в почве, в июне — июле (период интенсивного роста культур) наблюдалась избыточная влажность (в 1,5—2,0 раза выше нормы), а среднесуточная температура воздуха была близкой к норме.

Урожай убирали вручную. Общий азот в растениях определяли по микрометоду Кьельдаля, фосфор — колориметрически по Мерфи — Райли, калий — на пламенном фотометре, содержание и качество клейковины в зерне озимой пшеницы — на инфралайзере, крахмал в клубнях картофеля — по Эверсу, азот нитратов в свежих образцах — с помощью ионселективного электрода.

## Результаты исследований

Урожайность культур. В среднем за 3 года уровень урожайности озимой пшеницы практически соответствовал планируемому в варианте 7—40,7 ц/га. То же можно сказать и об урожайности картофеля в среднем за 2 года в вариантах 4 и 5 — 260 ц/га.

Наибольшее действие на урожайность оказывали азотные удобрения, но в разные по погодным условиям годы оно было неоднозначно. При росте норм азота от 75—85 до 155—175 кг/га на постоянном фоне фосфора и калия урожайность озимой пшеницы увеличилась на 8,0 и картофеля — на 67 ц/га (варианты 2—5). Дальнейшее повышение их нормы до 185—210 кг привело к снижению прибавки урожая этих культур (вариант 6).

Урожайность ячменя в среднем за 3 года получилась несколько ниже запланированной. Однако в 1983 г. в варианте 5 и в 1984 г. в варианте 2 она оказалась близкой к планируемой — 39,4 ц/га. С ростом нормы азота под ячмень от 65 до 110 кг/га на фоне 70Р60К в 1983 г. (варианты 2 и 4) прибавка зерна составила 7,7 ц. Внесение более высоких норм (135 и 160 кг/га) оказалось неэффективным. В условиях повышенной влажности 1984 г. норма азота 65 кг на фоне 50Р60К дала прибавку зерна по сравнению с контролем 12,2 ц; при норме 155 N прибавка снизилась до 2,9 ц, видимо, вследствие сильного полегания растений. В 1982 г. урожайность ячменя была низкой во всех вариантах, что прежде всего связано с поздним сроком его сева.

Действие различных норм фосфорных удобрений на урожайность культур было неоднозначным. Наибольшее их влияние проявилось в посеве озимой пшеницы при избыточной влажности почвы в 1984 г. Самая высокая прибавка зерна — 24,5 ц/га (по сравнению с контролем) — получена в варианте 7, т. е. при максимальной норме фосфора. Повышение норм суперфосфата на различных фонах NK увеличило в среднем за 2 года урожайность клубней картофеля на 60 ц/га и не оказало влияния в среднем за 3 года на урожайность ячменя.

Калийные удобрения в нормах от 120—125 до 240—250 кг увеличили урожайность картофеля в среднем за 2 года на 44 ц/га (варианты 5 и 13). Изменение норм калийных удобрений не отразилось на урожайности зерновых культур.

Влияние удобрений на качество продукции. Как видно из табл. 3, при внесении минеральных удобрений повысилось абсолютное содержание сырого белка в зерне ячменя и озимой пшеницы (в среднем за 3 года разница к контролю составила 0,9—3,3 и 1,0—5,0 %). Наибольшее действие на его содержание оказали азотные удобрения на фоне 50—100Р60—140К. В варианте 4 (140N) несколько увеличилось содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы и улучшилось ее качество. Дальнейшее увеличение нормы азота не изменило этих показателей. Не наблюдалось изменений в накоплении

Урожайность и качество продукции в среднем за 1982—1984 гг.

Вариант	Ячмень		Оз. пшеница					Картофель		
	урожай- ность, ц/га	сырой белок в зерне, %	урожай- ность, ц/га	сырой белок в зерне, %	сырая клейковина			урожай- ность, ц/га	крахмал в клуб- нях, % на сырое вещество	N—NO <sub>3</sub> , мг на 1 кг воздуш- но-сухо- го веще- ства
					%	качество, ед. ИДК	группа качества			
1	24,5	9,7	16,2	11,0	22	88	II	141	15,1	83
2	33,0	10,6	26,9	12,0	22	84	II	195	14,9	116
3	33,5	11,6	29,0	13,5	21	80	II	220	15,0	
4	33,5	11,7	31,4	14,8	24	69	I	260	15,0	136
5	33,7	12,0	34,9	15,9	24	71	I	262	14,0	131
6	31,6	12,7	30,2	15,7	25	71	I	200	13,6	144
7	33,4	12,2	40,7	15,1	25	74	I	232	14,5	149
8	31,6	12,4	34,0	15,7	24	66	I	208	14,0	
9	30,7	12,1	35,3	14,9	24	74	I	210	14,0	
10	31,1	12,1	36,4	15,7	24	72	I	202	13,4	122
11	33,0	12,5	35,9	14,7	24	78	II	220	14,2	
12	32,4	13,0	34,3	16,0	24	76	II	208	14,0	
13	31,6	11,9	35,2	15,4	24	75	II	218	14,0	114
14	30,7	11,2	29,4	12,5	22	86	II	190	14,2	
15	32,1	11,6	33,0	12,6	25	87	II	182	15,0	
16	33,0	11,5	30,3	15,0	24	76	II	218	14,9	
17	34,2	11,8	32,3	14,6	23	73	I	240	14,8	
18	34,5	11,8	31,4	14,7	24	78	II	250	14,0	
19	32,7	11,9	34,8	13,8	25	84	II	225	14,2	
20	32,9	11,4	33,8	14,2	24	76	II	220	14,0	
НСР <sub>05</sub>	2,9		2,0					21,5		

Примечание. Ячмень — в среднем за 3 года, оз. пшеница — в 1984 г., картофель — в среднем за 1982—1983 гг.

сырого белка, сырой клейковины и ее качества под действием фосфорных и калийных удобрений. Самый высокий сбор сырого белка с 1 га получен на участке 1 в варианте 12 (в среднем за год 317 кг д. в. удобрений — 142N77P98K). Несколько ниже он был в вариантах 3, 4, 7, 11, 17, 18 и 19. На участке 2 максимальный сбор белка отмечен в варианте 7 (405 кг д. в. удобрений — 155N98P150K) и близкий к нему в варианте 5.

Применение минеральных удобрений снижало содержание крахмала в клубнях картофеля (в среднем за 2 года максимальная разница с контролем составила 1,7%). При внесении 75—125 кг азота этот показатель практически не изменялся, а при более высоких его нормах — снижался. Внесение повышенных норм фосфора (вариант 7) несколько замедлило это снижение. Разные нормы хлористого калия не влияли на накопление крахмала в клубнях. Самый высокий сбор крахмала на участках 1 и 2 — соответственно 37,2 и 40,4 ц/га — получен в варианте 4 (125N70—90P240—250K); довольно высокий — на участке 1 в вариантах 5, 7, 17, на участке 2 — в вариантах 5 и 18.

Содержание нитратов в клубнях возрастало в основном при внесении азотных удобрений, но во всех вариантах было значительно ниже предельно допустимой концентрации.

Возрастающие нормы полного минерального удобрения практически не изменяли содержание фосфора и калия в зерне ячменя, озимой пшеницы и в клубнях картофеля, а в соломе ячменя содержание азота, фосфора и калия в среднем за 3 года возрастало существенно и особенно значительно в очень влажном 1984 г., когда образовалось много подгона.

Вынос и баланс питательных веществ. Вынос питательных веществ единицей урожая основной продукции (с учетом побочной) у озимой пшеницы и картофеля был близким к планируемому, а у ячменя — выше планируемого из-за высокой доли соломы в струк-

Вынос питательных веществ (кг) на 10 ц основной продукции (с учетом побочной) в среднем за 1982—1984 гг.

Ва-риант	Ячмень			Оз. пшеница			Картофель		
	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	25,7	16,9	28,1	28,3	14,2	21,7	4,3	1,9	5,9
2	28,3	16,8	31,9	30,1	12,8	21,8	4,6	1,7	6,1
4	33,6	16,3	36,4	40,4	14,0	27,7	4,5	1,7	6,6
5	34,5	17,1	34,0	44,7	15,0	26,9	5,4	2,0	7,4
6	41,1	18,5	36,9	45,8	14,8	26,3	6,1	2,1	7,9
7	36,3	17,1	35,3	41,8	13,3	25,4	5,3	1,7	7,2
10	37,9	16,6	32,4	38,8	13,2	19,3	5,4	2,3	7,4
13	37,6	18,7	28,3	42,9	13,0	22,8	5,3	2,0	7,3
14	33,4	16,4	28,1	33,6	13,8	23,4	4,4	2,0	6,5
16	36,2	17,9	32,2	35,3	12,8	20,7	4,0	1,8	6,3
18	38,3	17,0	35,4	38,0	13,2	19,6	4,4	2,0	6,6
19	38,7	18,3	33,2	34,5	13,0	22,3	4,6	2,0	6,6
20	35,4	17,4	34,2	35,7	13,6	22,3	4,8	2,0	6,3

туре урожая (табл. 4). Минеральные удобрения в среднем за 3 года увеличили вынос азота на 10—60 %, фосфора — максимально на 20, калия — на 30 % по сравнению с контролем.

При расчете хозяйственного баланса (табл. 5) учитывали только поступление питательных веществ с удобрениями и вынос их с урожая

Таблица 5

Баланс питательных веществ в звеньях севооборота за 1982—1984 гг.

Ва-риант	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	вне-сено	вынос	баланс	вне-сено	вынос	баланс	вне-сено	вынос	баланс
	кг/га	кг/га	% к выно-су	кг/га	кг/га	% к выно-су	кг/га	кг/га	% к выно-су

## Участок 1

1		171	—171			108	—108			210	—210	
2	205	280	—75	73	230	157	73	148	440	358	82	124
4	340	349	—9	97	230	158	72	145	440	428	12	103
5	425	359	66	118	230	164	66	140	440	413	27	106
6	505	389	116	129	230	165	65	140	440	391	49	113
7	425	374	51	114	285	163	122	176	440	407	33	108
10	425	342	83	124	130	149	—19	85	440	344	96	128
13	425	383	42	111	230	184	46	126	220	344	—124	63
14	190	295	—105	64	130	146	—16	88	185	280	—95	66
16	285	359	—74	79	195	168	27	116	280	360	—80	78
17	340	359	—21	94	220	177	42	124	330	400	—69	83
18	380	396	—16	96	245	176	69	141	365	430	—65	85
19	365	390	—25	94	295	174	121	169	330	387	—57	85
20	360	337	23	107	265	161	104	163	355	363	—8	94

## Участок 2

1		174	—174			84	—84			182	—182	
2	225	259	—34	87	240	109	131	222	450	244	206	183
4	375	346	29	109	240	139	101	174	450	367	83	123
5	465	423	42	110	240	166	74	145	450	401	49	112
6	555	365	190	152	240	134	106	178	450	335	115	134
7	465	403	62	116	295	144	151	204	450	386	64	116
10	465	365	100	127	135	145	—10	94	450	322	128	140
13	465	353	112	131	240	127	113	190	225	313	—88	72
14	205	271	—66	76	125	120	5	105	190	285	—95	66
16	315	276	39	114	210	126	84	159	285	292	—7	98
17	375	315	60	119	225	149	90	150	340	326	12	104
18	410	362	48	113	255	141	114	181	375	328	47	115
19	300	317	—17	94	210	142	68	149	265	314	—49	84
20	325	343	—18	95	240	142	98	170	325	327	—2	99

ем. В вариантах 2—13 (расчет норм удобрений велся методом нормативного баланса) баланс азота и калия на обоих участках и фосфора на участке 2 был близким к планируемому, баланс фосфора на участке 1 — ниже него.

На участке 2 в варианте 2 из-за недостаточного азотного питания слабо использовались фосфор и калий минеральных удобрений, поэтому здесь сложился баланс по фосфору и калию выше планируемого.

В вариантах 14—18 баланс несколько отличался от планируемого, что, по-видимому, связано с отрицательным влиянием повышенной влажности на рост и развитие растений, а следовательно, и на поглощение питательных веществ.

В вариантах 19 и 20 (расчет норм удобрений на прибавку урожайности и методом элементарного баланса) баланс азота и калия был отрицательным (94—95 и 85—99 %) во всех случаях, за исключением варианта 20 на участке 1, где баланс по азоту составил 105 %. Баланс фосфора — 149—170 % к выносу его с урожаями.

Изменение агрохимических показателей почвы. Известкование почвы перед закладкой опыта снизило за 3 года обменную кислотность в слое 0—20 см до уровня  $pH_{\text{соль}}$  5,3—5,9, гидролитическую — до уровня 2,0—3,5 мэкв на 100 г, повысило сумму поглощенных оснований и степень насыщенности почвы основаниями до 74—85 %. Применение минеральных удобрений в течение 3 лет не привело к заметным изменениям в содержании подвижных форм фосфора и калия в слоях 0—20 и 20—40 см.

Коэффициенты использования питательных веществ (КИ) из минеральных удобрений и почвы. Значения КИ из удобрений, рассчитанные разностным методом, за 3 года исследований получились несколько ниже планируемых (табл. 6). На участке 1 с ростом норм азота от 68 до 142 кг на фоне 77P147K (варианты 2—5) КИ азота несколько снизились (с 53 до 44 %), а КИ фосфора и калия повысились соответственно с 21 до 25 и с 33 до 46 %. На участке 2 при увеличении нормы азота от 75 до 155 кг на фоне 80P150K значения КИ азота, фосфора и калия повысились соответственно от 36 до 54, от 10 до 34 и от 15 до 49 %. Дальнейшее повышение нормы азота (вариант 6) не изменило или снизило КИ всех питательных веществ.

Увеличение нормы фосфора (варианты 10, 7) с 43—45 до 95—98 кг на фоне 142—155N147—150K снизило КИ фосфора в 1,7—2,2 раза, но несколько повысило КИ азота и калия. При росте нормы калия (варианты 13, 5) с 73—75 до 147—150 кг/га на фоне 142—155N77—80P КИ калия уменьшился на 10—16 %, а КИ азота и фосфора на участке 1 несколько снизились, на участке 2 — повысились.

При расчете норм удобрений различными методами значения КИ питательных веществ из удобрений (варианты 5, 19 и 20) получились практически одинаковыми, за исключением КИ азота и калия в варианте 19 на участке 1, где они были несколько выше.

Из почвы на участке 1 растения использовали 14,6 % подвижного фосфора и 28 % калия, на участке 2 — соответственно 6,5 и 18,5 %.

Экономическая эффективность применения удобрений. За 3 года исследований в звеньях севооборота лучшие экономические показатели получены на участке 1 в вариантах 4, 5, 17 и 18, где продуктивность составила 55.—57 ц зерновых единиц на 1 га,

Таблица 6

Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из почвы и удобрений (%) за 1982—1984 гг.

Вариант	Участок 1			Участок 2		
	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		14,6	28,0		6,5	18,5
2	53	21	33	36	10	15
4	52	22	49	46	22	41
5	44	25	46	54	34	49
6	43	25	41	35	21	35
7	48	19	45	49	20	46
10	40	33	31	41	44	31
13	50	32	62	39	18	59
19	60	22	54	48	27	51
20	46	22	43	52	24	45

чистый доход — 1365—1388 руб., окупаемость 1 руб. дополнительных затрат прибавкой урожая 5,9—7,0 руб., а на участке 2 — в вариантах 4, 5 и 18, где продуктивность равнялась 55—58 ц зерновых ед., чистый доход — 1700—1830 руб., окупаемость 1 руб. дополнительных затрат — 6,1—6,3 руб.

Таким образом, учитывая влияние минеральных удобрений на продуктивность звеньев севооборота, качество продукции, плодородие почвы, а также экономическую эффективность их применения, наиболее рациональным следует считать на участке 1 внесение на 1 га звена севооборота 127—142N73—82P147K, что составляет 106—127 % азота, 124—145 % фосфора и 102—110 % калия к выносу их с урожаем; на участке 2 — 125—155N80—85P125—150K, что соответствует 109—113 % азота, 145—181 % фосфора и 112—123 % калия к выносу.

### Выводы

1. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со средним содержанием подвижного калия и средним и повышенным содержанием фосфора за 1982—1984 гг. в звеньях севооборота были получены планируемые урожаи зерна озимой пшеницы (40 ц/га) при норме минеральных удобрений 175N100P140K и клубней картофеля (250 ц) при 125N70—90P240—250K. Максимальная урожайность ячменя в среднем за 3 года (34,5 ц/га) получена при внесении 120N55—115P50—115K, но и она оказалась на 24 % ниже планируемой, что связано с повышенной влажностью во время вегетации и поздним сроком сева.

2. В вариантах, где нормы удобрений рассчитывали методом нормативного баланса, урожайность картофеля была на 15—18 % выше, чем в вариантах, где нормы удобрений рассчитывали на прибавку урожайности и методом элементарного баланса. Уровни урожайности ячменя и озимой пшеницы в этих вариантах практически не различались.

3. Увеличение нормы азота на фоне РК и нормы фосфора на фоне НК обеспечило соответственно прибавку зерна озимой пшеницы 8,0 и 4,0 ц/га, клубней картофеля — 67 и 60 ц/га. С повышением нормы калия на фоне NP прибавка клубней картофеля составила 44 ц/га.

4. При внесении минеральных удобрений увеличилось абсолютное содержание сырого белка в зерне ячменя и озимой пшеницы (разница по отношению к контролю 0,9—3,3—1,0—5,0 %). Содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы несколько повышалось с увеличением нормы азота, но не достигало уровня требований к сильным пшеницам. Содержание крахмала в клубнях картофеля снижалось (максимальная разница к контролю 1,7 %). Наибольшее влияние на эти показатели качества урожая оказали азотные удобрения. При повышении норм фосфорных удобрений снижение содержания крахмала в клубнях было несколько меньше.

5. Содержание нитратов в клубнях картофеля возрастало при внесении азотных удобрений, но было значительно ниже предельно допустимой концентрации.

6. При внесении минеральных удобрений в среднем за 3 года вынос азота увеличился на 10—60 %, фосфора — максимально на 20, а калия — на 30 % по сравнению с контролем.

7. Баланс питательных веществ в вариантах, где нормы удобрений рассчитывались методом нормативного баланса, сложился близким к планируемому; в вариантах, где нормы удобрений рассчитывались на прибавку урожайности и методом элементарного баланса, в большинстве случаев он был отрицательным по азоту и калию. Наибольшая продуктивность в звеньях севооборота получена на участке 1 при балансе азота 94—118 %, фосфора — 124—145 и калия — 83—104 % к выносу их с урожаем; на участке 2 — соответственно при 109—113, 145—181 и 112—123 %.

8. Под действием известкования снизилась кислотность почвы и повысилась степень насыщенности ее основаниями до 74—85 %. Заметных

изменений в содержании подвижных форм фосфора и калия в почве под действием минеральных удобрений за 3 года опыта не произошло.

9. Коэффициенты использования питательных веществ культурами из минеральных удобрений уменьшались с увеличением их нормы. В среднем за 3 года они составили: для азота — 36—54 %, фосфора — 10—44 и калия — 15—59 %. На участке 1 коэффициенты использования подвижных форм фосфора и калия из почвы — 14,6 и 28,0 %, на участке 2 — 6,5 и 18,5 %.

10. На основе комплексной оценки влияния минеральных удобрений (по продуктивности культур, качеству продукции и плодородию дерново-подзолистой среднесуглинистой среднекультуренной почвы) следует признать оптимальными нормы внесения питательных веществ на участке 1 — 127—142N73—82P147K, что составляет 106—127 % азота, 124—145 % фосфора и 102—110 % калия к выносу их с урожаем; на участке 2 — 125—155N80—85P125—150K, или 109—113 %, азота, 145—181 % фосфора и 112—123 % калия к выносу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Демин В. А. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в севообороте. Учебное пособие. М.: ТСХА, 1981. — 2. Касицкий Ю. И. Агрохимические аспекты решения проблемы фосфора в земледелии СССР. — Агрохимия, 1983, № 10, с. 16—31. — 3. Кулаковская Т. Н. Эффективность минеральных удобрений в почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны. — Химия в сельск. хоз-ве, 1976, № 6, с. 31—34. — 4. Кулаковская Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. Минск: Ураджай, 1978. — 5. Кулаковская Т. Н., Богдеевич И. М., Будвитис А. И. и др. Вклад ученых в повышение производительности земельных угодий региона. — В сб.: С.-х. наука — производству. Минск: Ураджай, 1981, с. 11—24. — 6. Михайлов Н. Н., Книпер В. П. Определение потребности растений в удобрениях. М.: Колос, 1971. — 7. Постников А. В. Достижения агрохимической науки и передовой практики — сельскохозяйственному производству. — Агрохимия, 1983, № 8, с. 3—14.

*Статья поступила 10 июля 1985 г.*

#### SUMMARY

In 1982—1984 on soddy podzolic soil with average (plot 1) and increased (plot 2) content of movable forms of phosphorus and average potassium content the planned yielding capacity of winter wheat (40 centners/ha) has been obtained under 175N100P140K application that of potato tubers — 250 centners/ha at 125N70—90P240—250K. Maximum yielding capacity of barley has been 34.5 centners/ha (i. e. 24 % less than the planned one) at 120N55P50—115K.

Mineral fertilizers increase the content of crude protein in grain of barley and winter wheat (difference with the control group is 0.9—3.3 and 1.0—55.0) and decrease of starch content in potato tubers (the maximum difference is 1.7). Nitrate content in the tubers has been insignificant.

On the plot 1 the optimum combination has been 127—142N73—82P147K, that is 106—127 % of nitrogen, 127—145 % of phosphorus, and 102—110 % of potassium as to their removal with yield, on the plot 2 — 125—155N80—125P150K, or 109—113 % nitrogen 145—181 % of phosphorus and 112—123 % of potassium.

Utilization coefficients of fertilizer nitrogen for 3 years has been 36—54 % phosphorus — 10—44, potassium — 15—59 %, soil phosphorus and potassium — 6.5—14.6 and 18.5—28 %.