

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.816:631.582

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ, РАССЧИТАННЫХ БАЛАНСОВЫМ МЕТОДОМ, В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УРОЖАЕВ ПЛАНИРУЕМОЙ ВЕЛИЧИНЫ, СТРУКТУРЫ И КАЧЕСТВА

В. Б. БАГАЕВ, Ю. П. ЖУКОВ, Л. В. БУХТИЙ
(Кафедра агрономической и биологической химии)

Научно обоснованная система удобрения должна обеспечивать не только получение плановых урожаев возделываемых культур при наименьших затратах средств на единицу продукции, но и систематическое повышение плодородия почв.

Существует много методов определения доз удобрений [1, 5]. В последнее время для оценки эффективности использования доз удобрений в севообороте и для разработки научно обоснованной системы удобрения в севооборотах предложены так называемые балансовые коэффициенты использования питательных веществ из удобрений и почвы [2, 3, 4].

Для балансовых расчетов необходимо иметь ряд исходных данных (параметров), связанных с потребностями культур в питательных элементах для создания единицы планируемого урожая желаемой структуры и качества, обеспеченностью почвы подвижными питательными веществами, а также данные о возможном использовании питательных элементов из почв и удобрений.

Наша работа была посвящена уточнению этих параметров в конкретных условиях, а также экспериментальной проверке эффективности предлагаемого балансового метода расчета доз удобрений на планируемый урожай желаемой величины, структуры и качества.

Методика и условия проведения опыта

Исследование проводилось в стационарном полевом опыте, заложенном в 1975 г. на экспериментальной базе «Михайловское». Почва отдельных полей опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, хорошо окультуренная, с близкой к нейтральной реакцией, богатая подвижными формами фосфора и калия (табл. 1).

Схема опыта включала 5 вариантов (систем удобрения) в севообороте с четырьмя полями (табл. 2) и следующим чередованием культур: вико-овсяная смесь, озимая пшеница, картофель и ячмень. Вариант 1 был контрольным, системы удобрений в вариантах 2—5 были рассчитаны на получение двух уровней урожаев (табл. 2).

При определении выноса питательных элементов урожаем учитывали оптимальный химический состав культур севооборота (табл. 3) и желаемую структуру урожая.

Отношение основной продукции к побочной принималось: у озимой пшеницы — 1:1,5, ячменя — 1:1, картофеля — 2:1, отношение

вики к овсу — 1:1.

При расчетах доз и соотношений удобрений в разных системах с учетом эффективного плодородия почвы были заданы следующие балансовые коэффициенты использования удобрений за севооборот: N в вариантах 2, 3, 4 и 5 — соответственно 100; 80; 80 и 100%; P — 60; 60; 90 и 90%; K — везде 100%.

Как видно из приведенных данных, баланс по калию во всех вариантах запланирован бездефицитным, по азоту — от 0 до +26% и по фосфору — от +14 до +69% к выносу.

На основании выноса питательных элементов при заданных балансовых коэффициентах были рассчитаны дозы и соотношения удобрений, которые, как предполагалось, должны были обеспечить получение планируемых урожаев культур желаемого химического состава в севообороте. Для проверки правильности предлагаемых доз удобрений был проведен опыт в 4-кратной повторности. Посевная площадь делянки — 168 м².

Агрхимическая характеристика почвы в полях севооборота (в слое 0—20 см)

Показатель	Поле севооборота			
	I	II	III	IV
pH _{вод}	6,8	7,0	7,3	6,6
pH _{KCl}	5,9	6,0	6,5	5,7
Гумус по Тюрину, %	1,75	1,77	1,79	1,41
N _г по Каппену, мэв на 100 г	1,65	0,94	0,77	1,60
H _{об} » »	0,07	0,05	0,04	0,08
Сумма поглощенных оснований S по Каппену, мэв на 100 г	17,30	18,60	18,63	15,14
V, %	91	95	91	91
N по Тюрину и Кононовой, мг на 100 г	11	10	9	14
P ₂ O ₅ по Кирсанову, мг на 100 г	14	15	16	14
K ₂ O » »	18	20	20	16
Al по Соколову, мг на 100 г	0,54	0,18	0,09	0,18

Таблица 2

Схемы систем удобрения в севообороте при двух уровнях планируемых урожаев

Элемент	Вико-овсяная смесь (сено)	Оз. пшеница (зерно)	Картофель (клубни)	Ячмень (зерно)	Планный баланс, % к выносу
Планируемые уровни урожая, ц/га					
Вариант 2					
	50	30	200	30	
Варианты 3—5					
	70	50	300	50	
Нормы внесения удобрений, кг д. в. на 1 га					
Вариант 2					
N	100	30+60	120	75	0
P ₂ O ₅	80	70	70	55	67
K ₂ O	125	75	150	75	0
Вариант 3					
N	175	60+130	225	160	26
P ₂ O ₅	120	120	100	90	69
K ₂ O	175	125	225	125	0
Вариант 4					
N	175	60+130	225	160	26
P ₂ O ₅	80	80	70	60	14
K ₂ O	175	125	225	125	0
Вариант 5					
N	140	50+100	180	125	0
P ₂ O ₅	80	80	70	60	14
K ₂ O	175	125	225	125	0

Примечание. В вариантах с азотом у озимой пшеницы второе слагаемое — доза азотных удобрений, вносимых в виде подкормки.

Все делянки в полях озимой пшеницы и ячменя были разделены на 2 части. Половину каждой делянки озимой пшеницы обрабатывали смесью аминной соли 2,4-Д и препарата тур, а половину каждой делянки ячменя — аминной солью 2,4-Д, причем обработку препаратами проводили в фазу кущения зерновых. Доза хлорхалинхлорида (тур) составляла 4 кг д. в. на 1 га, а аминной соли 2,4-Д — 1 кг д. в.

Урожай зерна, соломы, сена и клубней картофеля учитывали сплошным методом, ботву картофеля — выборочно. Урожай сельскохозяйственных культур (зерно и солома) приведены к стандартной влажности.

Погодные условия вегетационных периодов 1976 и 1977 гг. резко различались (рис. 1 и 2).

Таблица 3

Планируемое содержание питательных элементов основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур севооборота (% на абсолютно сухую массу)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Оз. пшеница:			
зерно	2,79	1,28	0,70
солома	0,48	0,24	1,50
Картофель:			
клубни	1,75	0,70	2,60
ботва	2,50	0,60	3,80
Ячмень:			
зерно	2,32	1,05	1,05
солома	0,60	0,24	1,91
Вика	3,18 (2,38*)	1,43	3,58
Овес	2,38	0,96	2,38

* Из них 75% фактического содержания N в вике обеспечивается за счет N минеральных удобрений, 25% — за счет фиксации азота клубеньковыми бактериями.

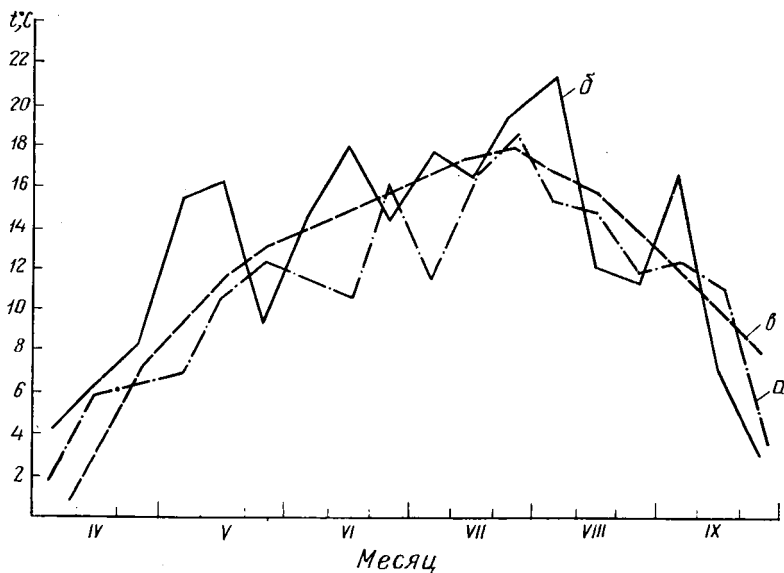


Рис. 1. Температура воздуха в вегетационные периоды 1976 г. (а), 1977 г. (б) и средняя многолетняя (в).

В 1976 г. сложились неблагоприятные условия для роста и развития многих сельскохозяйственных культур. Количество осад-

ков, выпавших в течение вегетационного периода (апрель—сентябрь), на 153 мм превышало среднюю многолетнюю норму, а

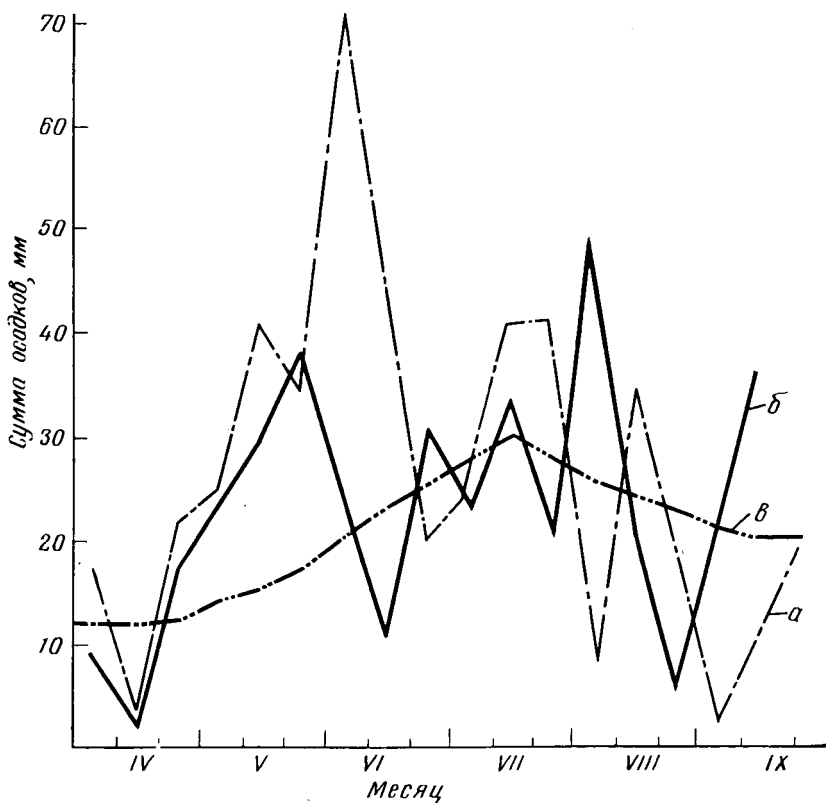


Рис. 2. Количество осадков, выпавших в вегетационные периоды 1976 г. (а), 1977 г. (б) и среднее многолетнее (в).

средняя температура воздуха, как правило, была на 2—3° ниже средней многолетней. Относительная влажность воздуха (май—август) была на 3—10% выше нормы. Из-за обильных дождей в мае—июне в фазу колошения полегло 30—40% посевов озимой пшеницы, а к концу цветения она полегла уже во всех вариантах опыта. Таким образом, нормальное развитие культуры было нарушено, что привело к резкому снижению урожая во всех вариантах. Поздняя посадка картофеля и высокая влажность почвы в течение всего вегетационного периода привели к образованию мелких, недоразвитых клубней, а в конечном итоге — к резкому снижению их урожая.

Погодные условия в вегетационный период 1977 г. оказались благоприятными для роста и развития сельскохозяйственных культур, и урожай озимой пшеницы, ячменя, картофеля, вико-овсяной смеси были высокими. В I и II декадах июня удерживалась теплая погода. Осадков в июне за 14 дней выпало 65,3 мм, запасы продуктивной влаги были достаточными. Все это способствовало быстрому росту всех полевых культур и сеяных трав. Однако 1, 14 и 31 июня при выпадении дождей отмечалось частичное полегание озимой пшеницы на не обрабо-

танных ретардантом и 2,4-Д полуделянках.

В июле удерживались повышенные температуры. Ливневые дожди (в течение 12 дней выпало 76,7 мм), сопровождавшиеся сильными ветрами, вызвали значительное полегание озимой пшеницы, не обработанной препаратом тур, в фазе молочной спелости и ячменя в фазе цветения; незначительно полегла озимая пшеница, обработанная смесью хлорхлоринхлорида и 2,4-Д.

Дозревание озимой пшеницы проходило в I декаде августа при повышенных среднесуточных температурах воздуха. Средняя температура за декаду составила 21,2°, что на 4,4° выше средней многолетней, максимальная — 30°. В то же время в течение 4 дней шли интенсивные дожди ливневого характера. Всего за I декаду августа выпало 48,8 мм против 26 мм по норме.

Для картофеля погодные условия июля и I декады августа были благоприятными. С начала бутонизации клубни развивались интенсивно. Осадки в августе положительно сказались на росте клубней картофеля. Уборку картофеля проводили в I декаде сентября при благоприятных условиях.

Погодные условия были благоприятными и для роста вико-овсяной смеси.

Результаты и их обсуждение

В 1977 г. урожай зерновых и картофеля значительно превышали их уровни в 1976 г. Что касается вико-овсяной смеси, то в ее посевах урожай сена во всех вариантах в 1976 г. был на 23—43 ц/га выше запланированного (табл. 4). Получение столь высоких урожаев в контрольном (77,3 ц/га) и опытных (84—93 ц/га) вариантах можно объяснить не только наличием в почве достаточных количеств питательных веществ, но и обильным водоснабжением в течение всего вегетационного периода. В 1977 г. урожай сена вико-овсяной смеси оказался примерно на 20 ц/га ниже, чем во влажном 1976 г. (табл. 4). Однако первый запланированный уровень урожайности во всех вариантах был достигнут и превзойден.

Достоверной разницы в урожаях сена между вариантами не установлено ($F_{факт} < F_{табл}$). В среднем за 2 года урожай превысил второй уровень запланированного урожая сена при всех испытывавшихся системах удобрения.

Урожай пшеницы в 1976 г. из-за неблагоприятных климатических условий, как уже отмечалось, очень низкий (табл. 4). Климатические условия 1977 г., а также обработка ретардантом и гербицидом способствовали получению высокого урожая озимой пшеницы на обработанных туром и 2,4-Д участках — 48—57 ц/га ($НСР_{05} = 5,21$ ц/га), на необработанных участках он составил 37—38 ц/га (табл. 4). В среднем за 2 года урожай озимой пшеницы в необработанных вариантах приближался к первому планируемому уровню урожайности (25—28 ц/га).

Поздняя посадка картофеля и высокая влажность почвы в течение всего вегетационного периода 1976 г. привели к образованию мелких, недоразвитых клубней, а в конечном итоге — к резкому снижению урожая (60—70 ц/га, табл. 4). Погодные условия в 1977 г. оказались довольно благоприятными для картофеля, в результате чего был превзойден первый планируемый уровень урожайности, а в варианте 3 достигнут второй уровень — 306 ц/га (табл. 4). Достоверных различий между вариантами не установлено. В среднем за 2 года урожай картофеля приближался к первому планируемому уровню (180 ц/га).

В сложных климатических условиях 1976 г. были получены сравнительно высокие урожаи ячменя как в контроле, так и во всех опытных вариантах (32,2—34,2 ц/га). В варианте 2 урожай достиг первого запланированного уровня. Другие системы удобрения не обеспечили получения планируемых урожаев, что обусловлено прежде всего полеганием ячменя из-за повышенного количества осадков в течение вегетационного периода (табл. 4). В 1977 г. ячмень также рано полег, но климатические условия, более благоприятные, чем в 1976 г., позволили получить более высокие урожаи. Посевы ячменя на обработанных 2,4-Д участках не были засорены, но по урожаю эти участки несколько уступали необработанным (табл. 4).

В среднем за 2 года урожай был выше первого планируемого уровня урожайности (38 ц зерна с 1 га).

Таким образом, несмотря на неблагоприятные климатические условия 1976 г., внесение удобрений в дозах, рассчитанных балансовым методом, позволило получить на дерново-подзолистой среднеплодородной почве планируемые урожаи первого уровня для трех культур севооборота, а по вико-овсяной смеси — и второго уровня.

Содержание азота в товарной и нетоварной продукции озимой пшеницы в 1976 и 1977 гг. (табл. 5) было близким к планируемому (зерно — 2,79%, солома — 0,48%). На участках, обработанных 2,4Д + тур (табл. 6), в 1977 г. содержание азота значительно уступало планируемому уровню.

Содержание фосфора было почти вдвое ниже планируемого уровня (0,70 против 1,28%). Наиболее близкое к запланированному содержание фосфора отмечено в 1976 г., который, как известно, отличался повышенной влажностью. Содержание калия в зерне озимой пшеницы при внесении 40% калийной соли в 1976 г. было несколько выше планируемого уровня, а в 1977 г. — ниже, но близким к планируемому (0,50 против 0,70%). Обработанные и необработанные участки по содержанию калия практически не различались.

Аналогичное сравнение фактических результатов с плановыми можно провести и по другим культурам севооборота. Так, содержание азота в зерне ячменя в 1976 и 1977 г. (табл. 5 и 6) было несколько выше планируемого (в 1976 г. — 2,59—2,84%, в 1977 г. — 2,17—2,62%, а об-

Т а б л и ц а 4

Урожай сельскохозяйственных культур (ц/га) в севообороте при различных системах удобрения (в числителе — в 1976 г., в знаменателе — в 1977 г.)

Вариант	Вико-овсяная смесь (сено)	Оз. пшеница (зерно)		Картофель (клубни)	Ячмень (зерно)	
		без обработки	тур + 2,4-Д		без обработки	2,4-Д
1	77,3	10,4	—	51	29,4	—
	58,6	38,3	48,2	252	39,1	36,6
2	83,5	12,4	—	62	33,2	—
	64,8	37,1	53,7	297	44,4	41,3
3	89,3	11,8	—	66	34,2	—
	63,8	37,8	57,3	306	43,7	43,1
4	93,2	15,8	—	67	32,8	—
	65,8	40,2	53,6	292	43,5	41,8
5	89,4	14,8	—	67	33,8	—
	61,2	38,2	52,1	299	44,6	42,1
НСР ₀₅	—	1,79	—	4,57	2,31	—
	—	—	5,21	—	2,35	—

Таблица 5

Содержание питательных веществ (% на абсолютно сухую массу)
в озимой пшенице и ячмене (в числителе — в зерне, в знаменателе — в соломе)

Вариант	Оз. пшеница			Ячмень		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1976 г.						
1	2,57	1,00	0,84	2,51	1,01	1,22
	0,56	0,28	1,43	0,78	0,47	2,45
2	2,62	0,97	0,76	2,68	1,02	1,18
	0,74	0,29	1,28	0,80	0,57	2,41
3	2,82	0,96	0,77	2,59	1,01	1,18
	0,86	0,32	1,77	1,11	0,69	3,39
4	2,90	0,92	0,90	2,84	1,05	1,54
	1,13	0,40	1,58	0,86	0,55	3,00
5	2,90	1,04	0,79	2,78	1,07	1,25
	0,74	0,30	1,97	0,93	0,61	3,11
1977 г.						
1	2,11	0,71	0,47	2,14	0,79	0,67
	0,47	0,18	0,97	0,66	0,25	1,32
2	2,46	0,69	0,50	2,17	0,72	0,62
	0,51	0,16	1,34	0,66	0,16	2,82
3	2,68	0,62	0,47	2,62	0,67	0,59
	0,64	0,14	1,68	1,04	0,18	2,73
4	2,71	0,66	0,50	2,40	0,73	0,59
	0,69	0,14	1,55	0,97	0,16	2,80
5	2,46	0,76	0,53	2,48	0,72	0,65
	0,74	0,13	1,46	0,94	0,17	2,67

работанного 2,4-Д — 2,61—2,64 против запланированного 2,32%). Если содержание фосфора в зерне в 1976 г. практически равнялось планируемому, то в 1977 г. оно было значительно ниже его, что привело к низким балансовым коэффициентам по фосфору.

Содержание калия в зерне ячменя тоже изменялось по годам. В 1976 г. оно было больше, чем в 1977 г. (1,18—1,54 против 0,59—0,65%)

Таблица 6

Содержание азота, фосфора и калия (% на абсолютно сухую массу)
в озимой пшенице, обработанной 2,4-Д+тур, и ячмене, обработанном аминной солью
2,4-Д, в 1977 г. (в числителе — в зерне, в знаменателе — в соломе)

Вариант	Оз. пшеница			Ячмень		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	1,96	0,67	0,54	2,27	0,74	0,71
	0,50	0,18	1,17	0,75	0,24	1,44
2	1,95	0,66	0,52	2,61	0,76	0,66
	0,70	0,16	1,39	0,90	0,17	2,49
3	2,13	0,59	0,52	2,61	0,77	0,72
	0,76	0,13	1,45	1,00	0,21	2,50
4	2,14	0,60	0,51	2,62	0,73	0,68
	0,85	0,11	1,63	1,04	0,14	2,74
5	2,26	0,62	0,52	2,64	0,82	0,76
	0,81	0,15	1,50	1,02	0,16	2,66

Т а б л и ц а 7

Содержание питательных веществ (% на абсолютно сухую массу; в числителе — в клубнях картофеля и в вике, в знаменателе — в ботве картофеля и в овсе)

Вариант	Картофель			Вико-овсяная смесь		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1976 г.						
1	1,69	0,67	3,34	3,40	1,02	3,70
	1,57	0,64	6,83	1,80	0,86	2,99
2	2,21	0,67	3,59	3,21	0,98	3,24
	2,49	0,79	6,45	1,90	0,90	3,19
3	2,50	0,73	3,56	3,49	0,95	3,32
	2,69	0,89	7,38	1,83	0,85	2,79
4	2,33	0,68	3,66	3,25	0,90	3,71
	2,47	0,77	7,67	1,63	0,92	2,92
5	2,11	0,55	3,58	3,62	0,99	2,94
	2,57	0,81	7,73	2,30	0,87	2,45
1977 г.						
1	1,34	0,48	2,91	3,38	0,59	2,99
	2,16	0,47	4,07	2,15	0,63	3,76
2	1,50	0,52	3,11	3,30	0,58	3,29
	2,33	0,42	4,00	1,93	0,46	3,48
3	1,58	0,39	3,23	3,37	0,53	4,01
	3,10	0,46	5,74	2,51	0,52	4,03
4	1,77	0,42	3,23	2,87	0,67	4,13
	2,48	0,40	6,21	2,32	0,50	4,10
5	1,67	0,47	3,33	2,78	0,67	3,78
	2,82	0,42	5,95	2,34	0,54	3,94

при плане 1,05%). При обработке 2,4-Д в 1977 г. в зерне содержалось 0,66—0,76% калия.

В 1976 г. получен крайне низкий урожай картофеля и содержание общего азота в клубнях (табл. 7) было значительно выше планируемого уровня (2,11—2,50 в отдельных вариантах против 1,75%). Содержание фосфора практически равнялось планируемому (0,70%), а калия заметно превышало его (в среднем 3,60 против 2,60%). Известно, что применение азотно-фосфорно-калийных удобрений иногда приводит к нежелательному повышению содержания калия в растениях. В 1977 г. содержание азота в клубнях картофеля практически равнялось планируемому, фосфора было несколько ниже планируемого (0,39—0,52 против 0,70%), а калия — выше (3,2% в среднем против 2,60% по плану).

Анализ химического состава вико-овсяной смеси (табл. 7) показывает, что содержание азота в вике в 1976 и 1977 гг. оказалось выше запланированного (соответственно 3,21—3,62 и 2,78—3,37% при плане 3,18%). В овсе содержание азота в 1976 г. было ниже планируемого, в 1977 г. приближалось к нему. Содержание P₂O₅ в сухом веществе вики в 1976 и 1977 гг. было в 2 раза ниже запланированного уровня (соответственно в среднем 1,00 и 0,60% при плане 1,43%). Содержание фосфора в овсе также оказалось ниже запланированного. Причем и у вики, и у овса во влажном 1976 г. содержалось больше этого элемента, чем в 1977 г. Содержание калия в вико-овсяной смеси значительно превышало планируемый уровень.

На основании данных о выносе урожаями азота, фосфора и калия нетрудно рассчитать фактические балансовые коэффициенты использования удобрений и сравнить их с планируемыми (табл. 8).

Балансовые коэффициенты использования питательных элементов
из почвы и удобрений

Вариант	1976 г.			1977 г.					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	без обработки			2,4-Д+тур		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1*	24	7	19	34	7	23	34	7	24
2	101	57	123	137	52	179	150	53	166
3	59	42	97	82	30	125	84	33	121
4	58	61	98	78	47	124	80	46	121
5	83	67	114	95	49	117	100	50	119

* Коэффициенты использования из почвы.

Результаты расчетов показывают, что балансовые коэффициенты использования азота были близки к планируемым, а фосфора фактически ниже их (табл. 8). Коэффициенты использования калия в 1976 г. были близки планируемым, а в 1977 г. превосходили их.

З а к л ю ч е н и е

Применение рассчитанных балансовым методом доз удобрений под сельскохозяйственные культуры обеспечило получение высоких урожаев при довольно близком к желаемому химическому составу.

В сложных климатических условиях 1976 г. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве учхоза «Михайловское» был получен урожай сена вико-овсяной смеси, превышающий второй запланированный уровень, и урожай ячменя, равный первому планируемому уровню; урожай озимой пшеницы и картофеля были значительно ниже запланированных.

В более благоприятном 1977 г. был получен первый запланированный уровень урожая всех культур и второй уровень урожая озимой пшеницы при обработке ее смесью гербицида и ретарданта, а также вико-овсяной смеси и картофеля.

Результаты проведенного опыта дают основание рекомендовать балансовые системы удобрения для более широких и углубленных исследований и производственных испытаний.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Жуков Ю. П. Определение доз и разработка системы удобрения в севооборотах. ТСХА, 1974. — 2. Жуков Ю. П., Глухов Н. И. Определение оптимальных доз и соотношений удобрений с учетом использования питательных элементов из удобрений и почвы. «Изв. ТСХА», 1977, вып. 4, с. 68—76. — 3. Жуков Ю. П. О рациональном удобрении орошаемых пастбищ. «Изв. ТСХА», 1978, вып. 1, с. 85—90. — 4. Лигум С. Т. Балансовый коэффициент использования растениями питательных веществ из удобрений и почвы и его применение. «Агрохимия», 1977, № 5, с. 128—133. — 5. Михайлов Н. Н., Книпер В. П. Определение потребности растений в удобрениях. М., «Колос», 1971.

Статья поступила 5 сентября 1978 г.

S U M M A R Y

Balance fertilization systems in 4-field crop rotation were studied: vetch-oats mixture — winter wheat — potato — barley. There were 5 fertilization systems with different balance coefficients in the trial. Obtaining two yield levels is planned. During 2 years of assimilation of crop rotation on soddy-podzolic medium loam of the training farm "Mikhailovskoye" (Moscow region) the first level of yield was obtained in all crops, and the second level in winter wheat treated with the mixture of herbicide and retardant (50 hwt/ha), potato (300 hwt/ha) and vetch-oats mixture.

Thus, application of fertilizer doses calculated by means of balance method provided high yields of crops, their chemical composition being rather close to desirable one.