

УДК 631.816.1:631.582

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСЧЕТНЫХ НОРМ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ НА СЛАБООКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Ю. П. ЖУКОВ, В. П. КОМКОВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Одним из важнейших условий повышения эффективности удобрений является научно обоснованное установление норм и доз их с учетом совокупного действия возможно большего числа факторов: биологических особенностей возделываемой культуры и планового ее урожая, уровня агротехники, погодных условий, эффективного плодородия почвы, удобренности и урожайности предшественников, форм удобрений, сроков и способов их внесения и других факторов [1—7, 13, 15]. На наш взгляд, расчет норм и доз удобрений с помощью балансовых коэффициентов использования питательных элементов из почвы и удобрений позволяет не только объективно оценить продуктивность использования культурами вносимых удобрений, но и добиваться наибольшей эффективности удобрений [3, 6, 9—11] и одновременно прогнозировать изменение эффективного плодородия почв [6, 10, 11].

В предлагаемой работе изложены результаты экспериментальной проверки возможности получения плановых урожаев сельскохозяйственных культур и изменения эффективного плодородия почв в севообороте совхоза «Кузьминский» Загорского района Московской области при внесении норм и доз удобрений, рассчитанных с помощью балансового метода.

Условия и методы исследований

На слабокультуренной дерново-подзолистой почве были заложены двухлетние производственные опыты в семипольном севообороте: горохо-овсяная смесь с подсевом многолетних трав — многолетние травы 1-го года — многолетние травы 2-го года — озимая пшеница — картофель (50 %) и свекла кормовая (50 %) — ячмень — кукуруза на силос (табл. 1). В каждом поле севооборота оставляли контрольные полосы шириной 10—15 м и площадью 0,15—0,25 га, где удобрения не вносили (контроль), а на остальной площади удобрения вносили согласно разработанной системе.

Почва севооборотного участка среднесуглинистая, содержание гумуса по Тюрину низкое — 1,0—1,5 %, обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием в основном низкая и средняя (II и III класс), реакция среды среднекислая — рН 4,2—5,1.

Производственные опыты в этом севообороте были развернуты на всех полях и во времени, и в пространстве.

При расчете норм удобрений принимали

во внимание вынос питательных элементов плановыми урожаями, балансовые коэффициенты использования удобрений в отдельные годы или в среднем за ротацию севооборота. С учетом средневзвешенного эффективного плодородия почв севооборотного участка балансовые коэффициенты использования элементов питания из минеральных удобрений в среднем за ротацию севооборота для азота принимали равными 80 %, для фосфора — 50, калия — 90 %, из органических — соответственно 60, 60 и 90 %, причем действие органических удобрений распределяли на 3 года: для N — 25, 25 и 10 %, P₂O₅ — 30, 20 и 10, K₂O — 60, 20 и 10 %.

Фосфорно-калийные удобрения, рассчитанные под многолетние травы, вносили вместе с удобрениями под покровную культуру, а в последующие годы в их посевах применяли только азотные подкормки.

В процессе расчетов из общего выноса питательных элементов плановым урожаем каждой культуры вычитали ту часть их,

Общая схема применения удобрений в полевом севообороте № 2

Показатель	Плано- вый урожай, ц/га	Основное				Припосевное	Подкормка
		навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Культура:							
горox + овес + + мн. травы	250	25	—	75	190	10P	—
мн. травы 1-го года	60	—	—	—	—	—	—
мн. травы 2-го года	60	—	—	—	—	—	35N
оз. пшеница	50	—	55	140	160	10P	135N
картофель (50 %)	250	45	100	—	70	20N20P	—
свекла кормовая (50 %)	500	45	70	70	70	10N10P10K	255N210K
ячмень	40	—	45	35	40	10P	—
кукуруза	400	35	35	35	50	10P	80N
Всего удобрений за севооборот на 1 га	—	—	148	83	163	—	—
В т. ч. с органиче- скими	—	15	60	30	75	—	—
с минеральными	—	—	88	53	88	—	—
Обеспеченность удо- брениями, ц стан- дартных туков на 1 га	—	—	4,3	2,9	2,1	—	—

П р и м е ч а н и е. Норма навоза дана в тоннах, минеральных удобрений — в кило-
граммах д. в. на 1 га.

которая может быть возмещена за счет органических удобрений (через балансовый коэффициент в год их действия), а оставшуюся разницу возмещали за счет минеральных удобрений, количество которых находили с помощью балансового коэффициента их использования в среднем за ротацию севооборота. Рассчитывать коэффициент использования минеральных удобрений по годам нецелесообразно, так как они применяются ежегодно практически под каждую культуру, поэтому достаточно учитывать данный показатель за ротацию. Органические же удобрения применяются только под отдельные культуры, и, следовательно, необходимо рассчитывать коэффициент их использования в отдельные годы в соответствии с принятым чередованием.

Таким образом, на основе указанных коэффициентов была разработана общая схема применения удобрений в севообороте (табл. 1), которая ежегодно уточнялась в универсальном годовом плане с помощью поправочных коэффициентов к установленным нормам с учетом различий эффективного плодородия отдельных полей севооборота. В каждом годовом плане, если эффективное плодородие конкретного поля было ниже среднего по севообороту на I класс, нормы удобрений под размещаемую культуру увеличивали на 10 % (поправочный коэффициент 1,1); если на 2 класса — на 30 % (поправочный коэффициент 1,3) и т. д. Если эффективное плодородие оказывалось больше среднего на I класс, нормы удобрений под размещаемую

культуру уменьшали на 10 % (коэффициент 0,9); на 2 класса — на 30 % (коэффициент 0,7) и т. д., т. е. бедные поля получали больше удобрений, а богатые — меньше, что способствовало выравниванию эффективного плодородия всех полей.

Растительные образцы для анализов отбирали непосредственно перед уборкой урожая каждой культуры, учет урожая зерновых, трав и силосных проводили методом сплошной уборки соответствующими комбайнами, картофеля и сахарной свеклы — взвешиванием корневых клубней, полученных со всей площади каждой делянки.

В отобранных перед уборкой урожая образцах товарной и побочной продукции определяли влажность, содержание азота, фосфора и калия и некоторые показатели качества общепринятыми методами [14]. Рассчитывали общее потребление питательных элементов культурами севооборота, коэффициенты использования ими питательных элементов и баланс питательных элементов в севообороте, полученные результаты сравнивали с плановыми показателями. Данные об урожае приведены к стандартной влажности (зерно — 14 %, солома и сено — 16 %, силосные — сырая масса) и статистически обработаны [8].

Продуктивность культур во многом зависит от агрометеорологических условий [12]. Загорский район, где расположен совхоз «Кузьминский», относится к первому агроклиматическому району. Здесь сумма среднесуточных температур за период вегетации растений составляет 1800—

Урожай культур контрольного севооборота совхоза «Кузьминский» (ц/га)
при разработанной системе внесения удобрений

Культура	1978 г.			1979 г.			Среднее		План 1984 г.
	конт- роль	опыт	НСР ₀₅	конт- роль	опыт	НСР ₀₅	контроль	опыт	
Мн. травы 1-го года	21,3	43,3	2,9	24,0	40,7	1,9	22,6	42,0	60
Мн. травы 2-го года	20,0	42,0	1,0	23,2	38,7	1,3	21,6	40,1	60
Картофель	80,0	120,0	14,8	118,0	231,0	56,0	99,0	175,0	250
Кормовая свекла	166,0	407,0	41,9	295,0	423,0	11,4	229,5	414,0	500
Ячмень	8,3	33,2	0,4	17,8	24,5	1,2	12,9	29,9	40
Кукуруза	261,0	344,0	6,2	291,0	478,0	11,7	276,0	409,0	500
Ячмень	7,5	33,0	0,7	16,7	22,6	2,0	12,1	27,8	40
Оз. пшеница				16,7	23,9	1,0	16,7*	23,9*	40
Горох + овес	170,0	240,0	20,9	159,0	247,0	4,3	164	243,0	250

* Однолетние данные.

1900°, среднегодовая температура воздуха +3,3°, в том числе зимой —9,2°, а летом +15,8°. Снеготаяние начинается в среднем 14—24 марта и длится 15—20 дней. Сход устойчивого снежного покрова наблюдается 3—8 апреля, что по времени почти совпадает с переходом среднесуточной температуры воздуха от отрицательной к положительной. Среднегодовое количество осадков 620 мм, в т. ч. в период активной вегетации растений — в среднем 250—270 мм. Вегетационный пери-

од 1978 г. отличался более или менее нормальным распределением осадков и пониженной температурой воздуха, особенно в фазы прорастания и кущения злаковых культур (рис.).

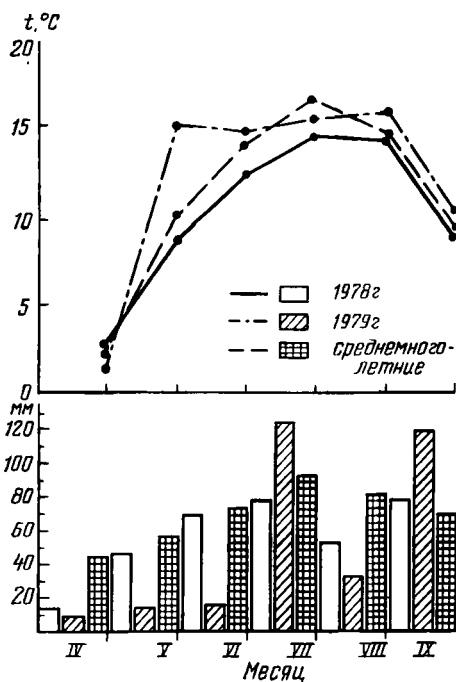
В 1979 г. первая половина вегетации растений была засушливой (особенно сильно повысилась температура в мае), а в июле и сентябре выпали обильные осадки. В целом 1979 г. был довольно неблагоприятным для возделывания многих сельскохозяйственных культур.

Результаты исследований

Несмотря на относительно непродолжительный и довольно неблагоприятный по погодным условиям период исследований (1978—1979 гг.), урожайность всех сельскохозяйственных культур под влиянием удобрений резко повысилась (табл. 2), но близкие к плановым (1984 г.) урожаи удалось получить лишь в отдельные годы и только по некоторым культурам: ячмень — в 1978 г., кукуруза, кормовая свекла и картофель — в 1979 г., горохо-овсяная смесь — в 1978 и 1979 гг. В среднем за два года урожаи всех культур при внесении удобрений возросли примерно в 2 раза (табл. 2), при этом урожай однолетних трав практически достиг планового уровня 1984 г., кукурузы и кормовой свеклы — 80 %, а остальных культур — 65—70 % плановых уровней 1984 г.

Под действием удобрений существенно возросли урожаи не только основной, но и побочной продукции. Так, в 1978 г. урожай соломы ячменя возрос более чем в 3 раза, а ботвы картофеля и кормовой свеклы — соответственно в 2,5 и 3 раза. В 1979 г., менее благоприятном по распределению осадков для зерновых, рост урожаев побочной продукции всех культур при внесении удобрений был менее значительным, так как ее урожаи в контроле были в 2 и более раза выше, чем в 1978 г.

С увеличением урожайности культур под влиянием удобрений изменялось соотношение в урожае основной и побочной продукции и, как правило, за счет увеличения выхода товарной продукции в благоприятные для растений годы. Так, в 1978 г. соотношение между зер-



Температура воздуха и количество осадков в вегетационные периоды 1978—1979 гг. (по данным Загорского метеопункта).

ном и соломой у ячменя увеличилось с 0,58 до 0,75, между корнями и ботвой у кормовой свеклы — с 1,28 до 1,49, между клубнями и ботвой у картофеля — с 2,22 до 3,40.

Удобрения оказывали влияние и на некоторые качественные показатели основной продукции возделываемых культур. При расчетных нормах удобрений содержание «сырого белка» в сухой массе горохо-овсяной смеси в среднем за 2 года возросло с 10,94 до 11,74 %. Следует, однако, отметить, что в отдельные годы (1979) содержание сырого белка в вико-овсяной смеси под влиянием удобрений не только не увеличилось, но даже снизилось (разница 1,9 %), хотя общий его сбор с урожаями во все годы исследований на удобренных полях был выше, чем на контрольных полосах, и в среднем за 2 года возрос на 1,8 ц/га.

В сене многолетних трав на опытных участках постоянно наблюдалась тенденция к снижению относительного содержания сырого белка, что, вероятно, объясняется изменением соотношения между бобовыми и злаковыми компонентами в травосмеси. Однако общий сбор сырого белка с урожаем при расчетных нормах удобрений в среднем за 2 года увеличился с 2,57 до 4,49 ц/га в результате значительного роста урожайности.

Содержание крахмала в клубнях картофеля под действием удобрений снизилось в среднем за 2 года на 0,9 %, но сбор крахмала с урожаем был в 1,7 раза выше, чем на удобряемых полях.

В кормовых корнеплодах при расчетных нормах удобрений сумма сахаров в среднем за два года увеличилась на 1,2 %, а сбор их с 1 га — на 28,65 ц.

Под влиянием удобрений содержание белка в зерне ячменя возросло на 0,75 %, в зерне озимой пшеницы — на 0,4 %, различия в сборе белка с урожаями составили соответственно 1,2 и 0,92 ц/га.

Качество основной продукции культур севооборота во многом зависит от применявшихся удобрений, и только содержание сырого белка в горохо-овсяной смеси значительно колебалось не только в зависимости от удобрений (42,1 %), но и от агрометеорологических условий.

Важным показателем рационального применения удобрений является потребление культурами питательных элементов. Под влиянием удобрений, как правило, возрастало относительное содержание в продукции всех определявшихся питательных элементов и особенно азота и калия, причем наиболее значительно по мере повышения норм соответствующих удобрений.

В среднем за 2 года относительное содержание калия в зерне ячменя несколько уменьшилось (с 0,62 до 0,55 %), содержание фосфора — увеличилось (с 0,73 до 0,82 %), тогда как уровень азота практически не изменился (1,72—1,70 %). Следует отметить, что влияние удобрений на относительное содержание азота и калия в отдельные

Затраты питательных элементов (кг) на создание 10 ц товарной с соответствующим количеством нетоварной продукции у культур севооборота

Культура	План	Фактические					
		контроль			опыт		
		1978	1979	среднее	1978	1979	среднее
N							
Оз. пшеница	30	—	27,9	27,9*	—	29,1	29,1*
Ячмень	23	29,3	19,5	24,4	27,1	22,8	25,8
Картофель	5,0	2,6	9,0	5,8	5,8	9,9	7,7
Кормовая свекла	6,5	4,9	4,4	4,6	6,8	4,8	7,2
Кукуруза	4,0	4,3	3,8	4,1	4,7	4,9	4,8
Горох + овес	2,0	2,2	2,3	2,25	2,9	2,3	2,8
Мн. травы на сено	7,0	7,0	6,9	6,95	6,5	7,0	6,7
P ₂ O ₅							
Оз. пшеница	14	—	9,1	9,1*	—	13,2	13,2*
Ячмень	11	8,1	14,1	11,1	9,4	15,8	12,9
Картофель	1,5	1,2	1,44	1,32	1,7	1,56	1,63
Кормовая свекла	1,5	1,0	1,3	1,15	1,2	1,1	1,15
Кукуруза	1,5	1,5	1,1	1,3	1,4	1,15	1,28
Горох + овес	1,0	0,85	1,1	0,97	0,97	0,9	0,93
Мн. травы на сено	6,0	6,2	5,2	5,7	5,4	7,8	6,6
K ₂ O							
Оз. пшеница	30	—	18,4	18,4*	—	19,0	19,0*
Ячмень	22	20,1	21,2	20,6	21,2	22,1	21,5
Картофель	7,0	10,1	7,4	8,7	10,1	9,5	9,8
Кормовая свекла	8,5	5,2	5,4	5,3	7,7	5,1	6,4
Кукуруза	5,0	8,7	7,8	8,2	7,8	7,9	7,85
Горох + овес	4,0	4,7	1,7	3,2	5,9	2,6	4,2
Мн. травы на сено	20	26	30	28	27	26	26,5

* Однолетние данные.

Для мн. трав по N приведена 1/3 действительных затрат.

годы было прямо противоположным их действию в предшествующие годы, а на содержание фосфора — постоянным.

В соломе ячменя при внесении удобрений в среднем за 2 года и в отдельные годы наиболее существенно изменилось содержание фосфора и калия, причем фосфора постоянно увеличивалось, а калия в 1978 г. возрастало, в 1979 г. — снижалось.

Содержание питательных элементов в товарной и нетоварной продукции картофеля на удобряемых полях, как правило, значительно увеличивалось, и лишь в 1978 г. относительное содержание калия в клубнях снизилось (с 4,4 до 3,1 % на абсолютную сухую массу). Это, вероятно, связано с тем, что в 1978 г. к моменту уборки урожая картофель физиологически не созрел и отток калия из ботвы еще не закончился.

У кормовой свеклы в результате внесения удобрений также повысилось относительное содержание всех элементов питания в корнях и в ботве, только в 1979 г. резко снизилось относительное содержание фосфора (с 0,89 до 0,61 % на абсолютную сухую массу).

В горохо-овсяной смеси под влиянием удобрений в среднем за 2 года существенно возросло относительное содержание калия (с 1,77 до 2,38 %), тогда как количество азота и фосфора практически не изменилось (соответственно 1,92—2,06 и 0,53—0,51 %), причем в разные годы действие удобрений на содержание азота и фосфора в урожае было неодинаковым.

В товарной и нетоварной продукции озимой пшеницы в вариантах с удобрениями содержание фосфора несколько уменьшилось (с 0,89 до 0,73 %), содержание азота и калия либо не изменялось, либо имело тенденцию к увеличению.

В зеленой массе кукурузы под влиянием удобрений количество азота заметно увеличивалось (с 2,13 до 2,67 %), несколько возросло содержание фосфора (с 0,67 до 0,71 %), уровень калия практически не менялся (4,36—4,38 %).

В сене многолетних трав на удобренных полях относительное содержание всех элементов питания значительно снизилось (на 0,2—0,3 %), что, вероятно, обусловлено резким повышением урожая.

Из табл. 3 видно, что на слабокультуренных почвах совхоза «Кузьянский» затраты азота на 1 т основной продукции с соответствующим количеством побочной продукции у зерновых культур оказались близкими к расчетным. Так, у озимой пшеницы они составили 29,1 кг при плане 30 кг, а у ячменя — 25,8 при плане 23 кг, причем на второй год освоения системы удобрения затраты азота у ячменя снизились до 22,8, т. е. практически приблизились к плановым. Затраты азота достигли плановых уровней и у многолетних трав (6,9 вместо 7 кг). Выше были плановые затраты по азоту (табл. 3) у горохово-овсяной смеси (2,8 вместо 2 кг), кукурузы (4,8 вместо 4 кг), картофеля (7,7 вместо 5,0 кг) и кормовой свеклы (7,2 вместо 5,2 кг).

По потреблению фосфора на единицу товарной с соответствующим количеством побочной продукции картина была аналогичной (табл. 3). У озимой пшеницы и ячменя фактические затраты фосфора в среднем за 2 года составили соответственно 13,2 и 12,9 кг при плане 14 и 11 кг, у кормовой свеклы и кукурузы — соответственно 1,15 и 1,28 кг при плане 1,5 и 1,5 кг, у других культур фактические затраты фосфора были наиболее близкими к плановым. В отдельные годы этот показатель существенно колебался только у ячменя и многолетних трав (табл. 3).

Фактические затраты калия на единицу основной с соответствующим количеством побочной продукции у большинства возделываемых культур севооборота в среднем за 2 года (табл. 3) значительно отличались от плановых, причем у некоторых культур (картофель, кукуруза и многолетние травы) они были больше, а у других (озимая пшеница и кормовая свекла) меньше плановых. Колебания этого показателя в отдельные годы оказались незначительными по всем культурам, кроме горохово-овсяной смеси и кормовой свеклы.

Следует подчеркнуть, что под влиянием удобрений фактические затраты питательных элементов на единицу товарной с соответствующим количеством побочной продукции, как правило, постоянно возрастали, но у разных культур по-разному. (табл. 3).

Зная относительный вынос (затраты) питательных элементов и данные об урожаях сельскохозяйственных культур, нетрудно рассчитать общий вынос элементов с хозяйственными урожаями, коэффициенты использования удобрений и баланс питательных элементов в севообороте.

В среднем за 2 года (табл. 4) балансовый коэффициент использования азота за севооборот составил 69,7 при плане 72 %, фосфора — 44,6 вместо 50, калия — 89,5 вместо 90 % по плану, т. е. по всем элементам фактические показатели приблизились к плановым. И несмотря на то, что по большинству возделываемых культур не удалось достичь плановой урожайности, лимитирующим фактором дальнейшего роста урожая является не недостаток удобрений, а другие, в частности погодно-агротехнические условия.

Существенные различия в использовании питательных элементов удобрений отдельными культурами севооборота (табл. 4) объясняются

Потребление питательных элементов почв и удобрений культурами севооборота в совхозе «Кузьминский» (в среднем за 1978—1979 гг.; в числителе — разностные коэффициенты использования удобрений, в знаменателе — балансовые)

Культура	Внесено с удобрениями, кг/га			Внесено урожаями, кг/га			Коэффициенты использования удобрений, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Мн. травы 1-го года	—	—	—	27	27	111	—	15,8**	30,9**
								36,6**	58,3**
Мн. травы 2-го года	35	—	—	26	26	107	31,4	26,6***	45,8***
							74,2	56,2***	102,3***
Картофель	297	123	293	149	28	170	28,6	12,1	29,3
							50,1	22,7	58,0
Кормовая свекла	516	174	510	241	48	266	26,1	11,5	28,0
							46,7	27,5	52,1
Ячмень	46	44	37	74	34	58	78,2	52,9	83,7
							160,0	77,2	156,0
Кукуруза	275	116	226	198	51	323	31,2	13,7	42,4
							72,0	43,9	143,0
Ячмень	46	44	37	71	33	56	78,2	43,1	83,7
							174,0	75,0	151,0
Оз. пшеница	190	142	162	69	19	47	11,5	2,8	9,2
							36,3	13,4	29,0
Горох + овес	100	136	315	63	22	104	26,0	4,9*	16,2*
							63,0	15,5*	33,0*
Всего по сево- обороту	944	511	1057	658	228	947	33,6	20,1	36,6
							69,7	44,6	89,5

П р и м е ч а н и е. Одна звездочка означает потребление питательных элементов одной культурой, две — двумя, три — тремя культурами.

значительным удельным весом питательных элементов, вносимых под отдельные культуры в составе навоза, действие которого рассчитывалось на 3 года, а определялось в данном случае за один год. Именно поэтому, например, у ячменя, размещаемого по унавоженным предшественникам, фактические балансовые коэффициенты использования питательных элементов удобрений оказались чрезвычайно высокими, что свидетельствует о якобы отрицательном балансе азота и калия в обоих полях, тогда как у предшественников данные показатели были в 2—3 раза ниже. Вычленив раздельно действие питательных элементов навоза и минеральных удобрений в рассматриваемом случае можно только при использовании меченых атомов, а поскольку такие не применялись, пришлось на отдельных полях относить вынос питательных элементов каждой культурой к суммарному количеству внесенных под нее элементов органических и минеральных удобрений. В этой связи наиболее полно охватывающим и действие и последствие удобрений являются коэффициенты использования удобрений в среднем за севооборот.

Для более объективной оценки степени использования культурами питательных элементов почв и удобрений были рассчитаны не только балансовые, но и традиционные разностные коэффициенты (табл. 4). Если пользоваться последними, то можно заметить, что нормы применявшихся удобрений в севообороте значительно превышены, поскольку использование элементов культурами очень низкое (20—37%), а большая часть удобрений (63—80%) идет на обогащение почвы.

Изменение агрохимической характеристики дерново-подзолистых почв полей в исследуемом севообороте под влиянием удобрений (средневзвешенные показатели)

Поля	рН _{сол}		P ₂ O ₅ по Кирсанову		K ₂ O по Кирсанову	
	до начала опытов	через 2 года	до начала опытов	через 2 года	до начала опытов	через 2 года
I	4,7	6,9	14,4	16,6	4,9	9,0
II	4,9	5,4	4,1	4,6	9,6	9,0
III	4,2	6,5	9,5	13,8	11,3	14
IV	4,9	7,1	3,9	11,5	4,5	5,0
V	6,0	6,4	8,5	14	10,3	20
VI	4,8	7,1	7,5	7,5	14,1	9,0
VII	5,1	5,6	3,8	4,7	7,6	6,0
Среднее по севообороту	4,9	6,4	7,4	10,4	8,9	10,2

Балансовые же коэффициенты показывают, что действительное потребление культурами питательных элементов значительно выше (45—90 %), а вносимые удобрения полностью обеспечивают культуры элементами питания и только на 10—55 % (от вносимых норм) обогащают ими почву, причем это видно без дополнительных расчетов возможного баланса элементов в севообороте.

Колебания урожаев на неудобренных участках обусловлены в основном агрометеорологическими условиями, а применение удобрений уменьшает эти колебания и, следовательно, разностные коэффициенты использования удобрений колеблются всегда более значительно, чем балансовые. И, наконец, при использовании последних представляется возможным без дополнительных расчетов баланса не только планировать урожаи сельскохозяйственных культур, но и одновременно регулировать эффективное плодородие почв в желаемом направлении.

В испытывавшейся системе планировалось, что 50 % фосфора и 10 % калия, внесенных с удобрениями, пойдут на обогащение почв подвижными формами этих элементов. Фактически в среднем за 2 года балансовые коэффициенты их использования в севообороте (табл. 4) оказались довольно близкими к плановым, и, следовательно, надо предполагать, что внесение расчетных норм фосфора и калия повлечет за собой увеличение содержания их подвижных форм в почве. Это предположение подтверждается данными агрохимического обследования почв севооборота (табл. 5). Через 2 года после внедрения рассчитанной балансовым методом системы удобрения средневзвешенное содержание подвижного фосфора в почве севооборота повысилось на 3 мг, а обменного калия — на 1,3 мг на 100 г (табл. 5). Интенсивное известкование почв (за 2 года в севообороте внесено более 3500 т CaCO₃) привело к существенному изменению их обменной кислотности — от среднекислой до близкой к нейтральной (табл. 5).

Если учесть, что за 2 года на каждый гектар севооборота с удобрениями было внесено 146 кг фосфора и 302 кг калия и культуры усвоили из них соответственно 64 (45 %) и 279 (90 %) кг (табл. 4), то в почве оставалось 92 кг P₂O₅ и 28 кг K₂O на 1 га. За 2 года средневзвешенная обеспеченность почв подвижными фосфором и калием возросла соответственно на 3 и 1,3 мг на 100 г (табл. 5), т. е. для увеличения обеспеченности почвы питательными элементами на 1 мг (в расчете на 100 г) необходимо, чтобы в ней осталось 27 кг P₂O₅ удобрений (82 : 3) и 22 кг калия (28 : 1,3) в 1 га. Все это убедительно подтверждает преимущество системы удобрения, рассчитанной при помощи балансовых коэффициентов, которая позволяет планировать не

Экономическая эффективность разработанной системы применения удобрений
(в среднем за 1978—1979 гг.; в числителе— контрольное поле, в знаменателе — опытное)

Культура	Урожай- ность, ц/га	Себестои- мость, руб/ц	Чистый до- ход, руб/га	Рентабель- ность, %	Окупаемость 1 руб. допол- нительных затрат, руб.
Мн. травы	22,1	6,90	-14,17	-8,7	6,04
	41,1	3,91	42,47	50,0	
Оз. пшеница*	16,7	12,80	-5,26	-0,39	1,04
	23,9	12,54	-1,03	-2,4	
Картофель	99	12,5	-497,0	-43,6	3,75
	175	8,8	545,6	44,7	
Кормовая свекла	230,5	2,46	-173,1	-71,4	-0,17
	415,0	2,15	-113,3	-6,7	
Ячмень	12,5	17,0	-36,95	-21,8	3,78
	28,3	8,4	125,20	58,6	
Кукуруза	276	1,12	384,0	126,1	2,10
	411	1,15	505,0	108,9	
Горох + овес	164	1,01	160,5	101,4	2,43
	243	1,12	275,5	107,0	
В среднем по сево- обороту			14,31	5,08	3,58
			204,30	58,8	

* Однолетние данные.

только количество получаемой продукции, но и изменение эффективно-го плодородия почв.

Анализ данных табл. 6 показывает, что предлагаемая система применения удобрений не только агрономически целесообразна, но и экономически выгодна. Окупаемость дополнительных затрат в среднем по севообороту составила 3,58 руб. на 1 руб. затрат, а чистый доход с 1 га — 204,33 руб., рентабельность — 58,8 % (табл. 6). Из отдельных культур только выращивание кормовой свеклы не дало желаемого результата, хотя уже в 1979 г. чистый доход с 1 га составил 138,3 руб. Это обусловлено недополучением планового урожая, большой трудоемкостью выращивания и низкой оценочной стоимостью продукции кормовой свеклы.

Наряду с подробным изучением эффективности удобрений в контрольном севообороте нами были проанализированы данные о применении удобрений в целом по совхозу «Кузьминский» до и после внедрения разработанной системы за период с 1976 по 1979 г. (табл. 7). Полученные результаты свидетельствуют о том, что в хозяйстве неуклонно повышается урожайность всех сельскохозяйственных культур. Если в среднем за 1976 и 1977 гг. со всей площади пашни было получено по 20,2 ц корм. ед. с 1 га, то в последующие два года, когда применялась новая система внесения удобрений, — 25,4 ц корм. ед. (табл. 7). Несмотря на некоторое увеличение общего количества вносимых удобрений, окупаемость единицы их в последнем случае возросла на 0,6 ц корм. ед. с 1 га. Это свидетельствует о том, что на слабокультурных дерново-подзолистых почвах Центрального района Нечерноземья применение научно обоснованной системы удобрения в севооборотах позволит существенно повысить не только продуктивность пашни, но и окупаемость удобрений прибавками урожаяев.

Продуктивность пашни и оплата удобрений урожаями культур до и после внедрения разработанной системы удобрений в совхозе «Кузьминский»

Год	Урожай основной продукции, корм. ед. на 1 га	Внесено удобрений, кг д. в. на 1 га				Оплата 1 ц д. в. НРК урожаям, ц корм. ед.
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего	
До внедрения системы						
1976	14,45	92	91	91	274	5,3
1977	25,97	108	26	69	203	12,8
В среднем	20,21	100	58	80	238	9,04
После внедрения системы						
1978	24,39	89	136	120	345	7,07
1979	26,49	72	77	70	219	12,09
В среднем	25,44	80	106	95	285	9,6

Заключение

Результаты проведенных исследований убедительно показали высокую эффективность применения удобрений в севообороте при расчете их норм с помощью балансовых коэффициентов использования удобрений.

Применение разработанной системы удобрения в севообороте на известкованных кислых слабокультурных почвах позволило в среднем за 2 года получить достаточно высокие, близкие к плановым урожаи возделываемых культур, и обеспечило в то же время желаемое изменение средневзвешенного эффективного плодородия почв севооборотного участка.

Фактическое потребление питательных элементов культурами севооборота также оказалось довольно близким к плановому. При определении оптимальных норм удобрений и разработке систем применения удобрений в севооборотах для Центрального района Нечерноземья целесообразно применять не разностные, а балансовые коэффициенты использования питательных элементов из почв и удобрений, дифференцированные в зависимости от эффективного плодородия почв.

ЛИТЕРАТУРА

- Архимов Н. П., Виноградова В. М., Валов Е. А. Химизация — важнейший фактор интенсификации земледелия. — В кн.: Технол. и эффективность химизации земледелия. М.: Колос, 1977, с. 5—57. — 2. Афендулов К. П., Лантухова А. И. Удобрения под планируемый урожай. М.: Колос, 1973. — 3. Багаев В. Б., Жуков Ю. П., Бухтий Л. В. Использование систем удобрений, рассчитанных балансовым методом, в полевом севообороте для получения урожаев планируемой величины, структуры и качества. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 2, с. 57—64. — 4. Брагин А. М. Баланс и коэффициенты использования основных питательных веществ почвы и удобрений. — В кн.: Рациональное использование севооборотов для повышения урожайности. Горки, 1970, т. 62, с. 24—43. — 5. Гиллис М. В. Расчетные дозы удобрений при планировании урожаев сельскохозяйственных культур. — В кн.: Науч. основы программирования урожаев с.х. культур. М.: Колос, 1978, с. 122—125. — 6. Глухов Н. И. Эффективность балансовых систем удобрения в севообороте. — Автореф. канд. дис. М., 1979. — 7. Детковская Л. П., Пунтус Е. С. Действие систем удобрения на продуктивность полевого севооборота. — В кн.: Почв. исслед. и применение удобрений. Минск, 1975, вып. 6, с. 62—76. — 8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. — 9. Жуков Ю. П. Определение доз и разработка системы удобрения в севообороте. М.: ТСХА, 1974. — 10. Жуков Ю. П. Эффективность балансовых систем удобрения в полевом севообороте. — В кн.: Тез. докл. регион. совещ. Итоги работы географ. сети опытов с удобрениями и пути повышения эффективности применения удобрений в Нечерноземной зоне. М., 1977, с. 23—24. — 11. Жуков Ю. П., Нечушкин С. М., Багаев В. Б. Эффективность систем удобрения с разными балансовыми показателями в четырехпольном севообороте. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 5, с. 89—98. — 12. Каюмов М. К. Агрометеорологические условия и

эффективность удобрений. — В кн.: Современ. проблемы и методы исслед. агро- и микроклимата. Таллин, 1976, с. 5—7. — 13. Кулаковская Т. Н. Применение удобрений. Минск: Урожай, 1970. — 14. Петербург-

ский А. В. Практикум по агрохимии. М.: Колос, 1968. — 15. Сапожников Н. А., Корнилов М. Ф. Научные основы системы удобрения в Нечерноземной полосе. Л.: Колос, 1977.

Статья поступила 3 марта 1981 г.

SUMMARY

The system of applying fertilizers in crop rotation developed by means of balance coefficients for the use of nutrient elements was tested in the field on slightly cultivated soddy-podzolic soil at the state farm "Kuzminsky" (Moscow region, Zagorsky district); the results of the tests are discussed in the paper. It is shown that programmed yields of crops can be obtained along with efficient improvement of soil fertility in the crop rotation area. The data on the yielding capacity of crops before and after starting to apply the developed fertilization system are presented.