

УДК 631.582:638.811.1'2'3

БАЛАНС АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ИНТЕНСИВНЫХ ЗЕРНОВЫХ СЕВООБОРОТАХ

В. Г. ЛОШАКОВ, С. Ф. ИВАНОВА, Р. Ю. АСХАБОВ, Л. В. ПАШКОВА
(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Изучением баланса питательных веществ в почве под сельскохозяйственными культурами занимаются многие исследователи в различных почвенно-климатических зонах страны [2, 5, 8, 11, 13, 14, 17, 18]. Актуальность такого рода исследований возрастает в связи с интенсификацией земледелия и специализацией севооборотов.

Цель нашей работы — изучить влияние заправки пожнивных зеленых удобрений в чистом виде и совместно с соломой на баланс элементов питания в специализированных зерновых севооборотах и при бесменном возделывании зернофуражных культур.

Условия и методика опыта

Работа проводилась в стационарном полевом опыте со специализированными зерновыми севооборотами и бесменными посевами ячменя и овса, заложенном в 1980 г. в учебно-опытном хозяйстве Тимирязевской академии «Михайловское».

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая слабокультуренная. Агрохимические показатели в слоях 0—20 и 20—40 см следующие: $pH_{\text{соль}}$ — соответственно 5,7 и 4,6; гидролитическая кислотность — 2,09 и 3,62 мэкв; сумма поглощенных оснований — 16,1 и 14,3 мэкв; содержание подвижного фосфора по Кирсанову — 13,1 и 5,8; подвижного калия по Масловой — 16,4 и 11,9 мг на 100 г; гумуса — 1,62 и 0,77 %.

Изучали 6 различных севооборотов: I — 50 % зерновых: многолетние травы 1-го года пользования (г.п.) — многолетние травы 2-го г.п. — озимая пшеница, кукуруза — овес — ячмень + травы; II — 67 % зерновых: клевер — озимая пшеница — овес — вико-овсяная смесь на зеленый корм — озимая рожь — ячмень + клевер; III — 83 % зерновых (контроль): вико-овсяная смесь на зеленый корм — озимая пшеница — овес — ячмень — озимая рожь — ячмень; IV — 83 % зерновых: вико-овсяная смесь на зеленый корм — озимая пшеница + горчица поживная на зеленый корм (в таблицах Г_{лк}) — овес — ячмень — озимая рожь + поживная горчица на зеленый корм — ячмень + горчица поживная на зеленый корм; V — 83 % зерновых и горчица на зеленое удобрение — сидерат (в таблицах Г_{лс}); VI — 83 % зерновых и горчица + солома на удобрение.

В бесменных посевах ячменя и овса были следующие варианты: контроль — без удобрений; NPK; NPK + поживной сидерат; то же + солома.

Размещение полей севооборотов и бес-

менных посевов ячменя и овса в системе блоков рендомизированное. Размер опытных делянок (полей севооборота) 80 м² (16×5), повторность опыта 4-кратная, система размещения блоков 4-ярусная. Нормы удобрений рассчитывали с учетом почвенного плодородия для получения урожая: озимой пшеницы — 50 ц/га (200N160P120K), озимой ржи — 40 ц (120N160P120K), ячменя и овса — 40 ц (96N120P104K), кукурузы — 400 ц зеленой массы (250N180P250K), многолетних трав — 50 ц сена, (74N70P56K), вико-овсяной смеси — 50 ц сена с 1 га (90N120P90K). Посевы обрабатывали гербицидом. Минеральный азот под озимую пшеницу и рожь вносили дробно в 3 срока: 25 % при посеве, 50 % в подкормку весной и 25 % в фазу колошения; под остальные культуры — весной при посеве и в подкормку для многолетних трав.

Агротехника культур была общепринятой для хозяйства Московской области.

Поживную горчицу в опыте использовали на корм и зеленое удобрение. Высевали ее после уборки каждой зерновой культуры зерновой сеялкой из расчета 40 кг всхожих семян на 1 га. Перед этим почву дисковали, обрабатывали КВК в два следа. Под горчицу вносили азот — 50 кг действующего вещества на 1 га.

Урожай культур учитывали сплошным методом; соломы и поживной горчицы — методом пробных снопов на метровых площадках. Количество корневых и пожнивных остатков определяли в слое 0—20 см рамочным методом Станкова (размер рамки 30,2×33,3 см). Повторность в варианте 8-кратная. Растительные пробы (основную и побочную продукцию) после мокрого озоления по методу Гинзбург — Щегловой — Вульдрус анализировали ежегодно на со-

держание азота по Кьельдалю, фосфора — колориметрически по Дениже, калия — на пламенном фотометре. Данные об урожайности основных культур обрабатывали дисперсионным методом.

Результаты и их обсуждение

Ведущей статьей в расходной части баланса питательных веществ в системе почва — растение является хозяйственный вынос их с урожаем. Из табл. 1 следует, что уровень урожайности возделываемых культур в значительной мере зависит от метеорологических условий в вегетационные периоды и способа возделывания. Урожайность ячменя и овса мало изменялась при насыщении севооборота зерновыми до 83 % и включении в севооборот пожнивных посевов горчицы на зеленое удобрение, а также при удобрении соломой. Некоторое ее снижение наблюдалось в специализированном зерновом севообороте на фоне одних минеральных удобрений (НРК) — до 29,3 и 27,2 ц/га. В бессменных посевах ячменя при запашке горчицы и соломы урожай зерна был выше, чем по НРК, на 3,0 ц/га.

Содержание элементов питания в растениях в первую очередь зависело от биологической особенности культуры. Особенно богаты азотом клевер, горчица, вико-овсяная смесь и кукуруза. Затем в убывающем порядке следуют озимая пшеница, овес, озимая рожь, ячмень (зерно). В соломе зерновых культур азота содержится значительно меньше, чем в зерне. Больше всего фосфора расходуется на формирование зерна (в расчете на единицу массы), меньше его содержится в соломе зерновых. Наиболее высоким содержанием калия отличаются многолетние травы, смесь вики с овсом, кукуруза и горчица; несколько мень-

Таблица 1
Урожайность (ц/га) ячменя сорта Надя (в числителе) и овса сорта Гамбо (в знаменателе) в 1981—1984 гг.

% зерновых (% севооборота)	Удобрение	№ поля	1981	1982	1983	1984	Среднее
В севооборотах							
50 (I)	НРК	6	20,7	42,2	32,0	34,6	32,4
		5	13,9	23,6	31,3	42,0	27,7
67* (II)	НРК	9	16,7	25,8	36,9	43,9	30,8
		18	20,0	34,5	30,3	32,5	29,3
83 (III)	НРК	15	17,3	23,8	30,2	41,5	28,2
		24	20,7	36,8	31,5	34,5	30,9
83 (IV)	НРК+Г _{пк}	21	17,4	21,8	26,0	43,4	27,2
		30	21,6	39,1	32,2	38,0	32,7
83 (V)	НРК+Г _{пс}	27	15,4	27,3	27,7	47,6	29,5
		36	23,1	39,8	33,1	34,4	32,6
83 (VI)	НРК+Г _{пс} + +солома	33	19,4	22,9	28,4	45,3	29,0
		Бессменное возделывание					
100	Без удобрений	37	21,6	32,3	17,0	18,7	22,4
		43	17,5	20,5	17,5	25,2	20,2
100	НРК	38	22,2	36,9	26,6	31,8	29,4
		44	14,3	23,8	28,2	40,8	26,8
100	НРК+Г _{пс}	39	23,8	36,0	30,6	35,2	31,4
		45	16,6	25,7	27,9	41,1	27,8
100	НРК+Г _{пс} +со- лома	40	24,6	39,2	30,3	35,5	32,4
		46	16,5	25,1	25,5	40,0	26,8
НСР ₀₅	—	—	4,4	5,4	3,4	1,5	—
		—	3,4	1,8	2,0	1,3	—

* Для овса.

шим — солома зерновых культур. В зерне озимой пшеницы, ржи, овса и ячменя содержится мало калия.

Вынос элементов питания культурами севооборота в целом, несмотря на внесение одинаковых доз минеральных удобрений в расчете на 1 га севооборотной площади, существенно зависел от набора культур и структуры посевных площадей. Причем более значительными были различия между севооборотами по выносу азота и калия, менее заметными — по выносу фосфора. Азота и фосфора с зерном выносятся в 2—3 раза больше, чем с соломой, а калия — соответственно в 2,5—5 раз меньше.

Хозяйственный вынос азота с урожаем в севооборотах в среднем за год составлял 562,4—941,6 кг/га (табл. 2). Наименьшим он был в

Таблица 2

Вынос основных элементов питания (кг/га) с урожаем культур, возделываемых в севообороте (в среднем за 1981—1984 гг.)

% зерновых (№ севооборота)	Удобрение	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
50 (I)	NPK	941,6	291,3	757,7
67 (II)	NPK	718,5	259,7	564,8
83 (III)	NPK	562,4	231,3	483,5
83 (IV)	NPK+Γ _{ПК}	724,2	288,6	622,7
83 (V)	NPK+Γ _{ПК}	562,9	231,1	460,8
83 (VI)	NPK+Γ _{ПК} +солома	587,1	247,7	510,0

III севообороте (NPK), а наибольшим — в I (с двумя полями многолетних трав). Поскольку в хозяйственный вынос азота урожаями в севооборотах с многолетними бобовыми травами входит симбиотически связанный азот атмосферы, количество фактически потребляемого из почвы и удобрений азота будет меньше. В нашем опыте с учетом этой статьи прихода азота вынос данного элемента урожаями из почвы и удобрений в среднем за год в севооборотах с бобовыми травами составлял: в I — 724, во II — 561,2 кг.

Вынос фосфора также в значительной степени зависел от севооборота и системы удобрения. Хозяйственный вынос фосфора заметно увеличивался в севообороте с пожнивной культурой на корм (288,6 кг). Вынос фосфора в бессменных посевах зернофуражных культур в конт-

Таблица 3

Вынос основных элементов питания (кг/га) с урожаем ячменя и овса в бессменных посевах (в среднем за 1981—1984 гг.)

Удобрение	Ячмень			Овес		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	52,8	19,9	43,0	48,0	23,7	49,3
NPK	68,1	25,2	56,1	72,0	37,4	94,0
NPK+Γ _{ПК}	73,0	28,2	59,0	71,5	37,5	86,7
NPK+Γ _{ПК} +солома	78,3	27,5	60,8	72,2	37,0	91,8

роле (без удобрений) был наименьшим (19,9—23,7) из-за низких урожаев основной и побочной продукции (табл. 3).

Вынос калия урожаями в среднем за год в зависимости от севооборота колебался от 460,8 до 757,7 кг/га (табл. 2). В севообороте с многолетними травами и кукурузой он заметно повышался. Низкие значения этого показателя характерны для V и III севооборотов.

Хозяйственный вынос всех трех элементов питания оказался наименьшим в V севообороте. На соотношение N : P : K в отчуждаемой с

поля продукции существенно влиял вид севооборота; в среднем за 4 года в зерновом севообороте оно составляло 2,4 : 1 : 2,1.

На основании фактических урожаев и выносов основных питательных веществ растениями нами была сделана балансовая оценка различных систем удобрения в специализированных севооборотах и в бессеменных посевах зернофуражных культур.

При расчетах баланса азота в приходной части, кроме поступления азота с удобрениями, учитывали фиксацию атмосферного азота бобовыми культурами и свободноживущими микроорганизмами, поступление азота с осадками и семенами. В расходную часть входили хозяйственный вынос азота с урожаями, газообразные его потери из удобрений с инфильтрирующимися и стоковыми водами.

Поступление азота с удобрениями в опытных севооборотах равнялось в среднем за год 676—790 кг/га в зависимости от состава культур (табл. 4), в бессеменных посевах овса и ячменя — 96 кг/га (табл. 5).

Т а б л и ц а 4

Баланс азота (кг/га) в специализированных севооборотах в 1981—1984 гг.

Статьи баланса	Севооборот					
	I	II	III	IV	V	VI
Поступление:						
с удобрениями	3160	2704	2792	3392	2792	2792
с семенами	67,9	112,5	134,0	134,0	134,0	134,5
с осадками	220,8	220,8	220,8	220,8	220,8	220,8
азотфиксация клубеньковыми бактериями	870,7	629,2	49,7	50,3	50,3	50,6
азотфиксация микроорганизмами за счет углерода растительных остатков	517,1	555,0	412,5	411,7	596,5	983,5
симбиотически фиксированный азот в растительных остатках бобовых	107,7	223,0	31,7	33,7	32,8	33,1
всего	4945,2	4444,5	3640,7	4242,5	3826,4	4214,5
Расход:						
хозяйств. вынос с урожаем	3766,5	2874,1	2249,7	2896,6	2251,6	1978,9
газообразные потери из удобрений	790	676	698	698	698	698
потери с инфильтрирующимися водами	50,0	44,5	36,5	36,5	38,3	42,1
потери со стоком	168	148	168	168	168	168
всего	4774,5	3742,6	3152,2	3799,1	3154,1	2887,0
Баланс по севообороту	170,7	701,9	488,5	443,5	672,3	1327,5
В среднем за год	42,7	175,5	122,1	110,9	168,1	331,9

С семенами зерновых колосовых вносилось от 4,4 до 5,4 кг азота на 1 га, а в зависимости от насыщения севооборота зерновыми культурами за ротацию было внесено от 17 до 33,5 кг азота.

Как показали исследования [19], поступление азота (в аммиачной и нитратной форме) с осадками составляет в год 9,2 кг на 1 га. Значительное место в обогащении почвы и удовлетворении потребностей бобовых растений азотом принадлежит молекулярному азоту атмосферы, фиксированному с помощью клубеньковых бактерий и свободноживущих микроорганизмов [10]. По имеющимся данным [3], у бобовых на долю фиксированного атмосферного азота может приходиться 40—50 % (горох, вика), до 70—80 % (люцерна, клевер, кормовые бобы) и даже до 90 % (люпин) общего содержания азота в целом растении. Клевер может фиксировать 150—160 кг азота на 1 га в год, люпин — 160 кг, люцерна — 300 кг/га [12]. В зависимости от почвенно-климатических условий азотфиксация у гороха может колебаться

Баланс азота (кг/га) в бессменных посевах зернофуражных культур в 1981—1984 гг.

Статьи баланса	Ячмень				Овес			
	без удоб- рений	НРК	НРК + Г _{пс}	НРК + Г _{пс} + солома	без удоб- рений	НРК	НРК + Г _{пс}	НРК + Г _{пс} + солома
Поступление:								
с удобрениями	—	384	384	384	—	384	384	384
с семенами	21,5	21,5	21,5	21,5	17,5	17,5	17,5	17,5
с осадками	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8
азотфиксация микро- организмами за счет углерода ра- стительных осад- ков	34,4	43,0	99,7	167,7	52,8	63,8	88,4	208,4
всего	92,6	485,3	542,0	610,0	107,1	502,1	526,7	646,7
Расход:								
хозяйств. вынос с урожаем	211,3	272,2	291,0	236,1	192,0	287,9	285,9	193,3
газообразные потери из удобрений	—	96	96	96	—	96	96	96
потери с инфильтру- ющимися водами	9,3	48,5	54,2	61,0	10,7	50,2	52,7	64,7
потери со стоком	32	32	32	32	32	32	32	32
всего	252,6	448,7	474,2	425,1	234,7	446,1	466,6	386,0
Баланс	—160	36,6	67,8	184,9	—127,6	36,0	60,1	260,7
В среднем за год	—40,0	9,2	17,0	46,2	—31,9	9,0	15,0	65,2

от 20 до 100 кг, у люпина и кормовых бобов — от 63 до 145, многолет-
них трав — от 160 до 300 кг/га [20].

Мы приняли, что у клевера в условиях нашего опыта в среднем на фиксированный из атмосферы азот приходится 70 % общего содержания этого элемента в фитомассе. Симбиотическое потребление азота из воздуха клеверо-тимофеечной смесью на фоне расчетных норм удоб-
рений за 4 года исследований составило 618 и 252 кг, а чистым кле-
вером — 578 кг. С послеуборочными остатками многолетних трав и
клевера поступает в почву в год от 27,2 до 55,8 кг ассимилированного
азота атмосферы. Обеспеченность вико-овсяной смеси в азоте за счет
азота атмосферы при внесении удобрений составляет 10 %.

Поступление в почву с послеуборочными остатками легко разла-
гающегося энергетического вещества (углеводов) создает дополнитель-
ную возможность для усвоения свободноживущими микроорганизмами
азота атмосферы. Имеются сведения, что размеры несимбиотической
азотфиксации близки к 10—15 кг/га [14]. Общеизвестно, что на assi-
миляцию 1 г азота микроорганизмы потребляют около 25 г углерода.
Ежегодное разложение свежих растительных остатков в почве по сево-
оборотам составляет 40 % [9, 18].

В нашем опыте с растительными остатками полевых культур по-
ступило в пахотный слой почвы в год 6433—8671 кг углерода. Ячмень
и овес при бессменном возделывании на фоне удобрений оставляли в
пахотном слое почвы с послеуборочными остатками 672,5 и 997 кг уг-
лерода на 1 га. С растительными остатками многолетних трав в почву
поступало в 2,0—3,5 раза больше углерода, чем с растительными остат-
ками зерновых культур.

На основании данных о поступлении углеводистых соединений в
почву, интенсивности их разложения и затрат энергии на микробиологи-
ческие процессы можно предполагать, сколько азота атмосферы связы-
вается микроорганизмами. Ассимиляция микроорганизмами азота из
атмосферы и легкоподвижных соединений азота только за счет углево-
дов свежих растительных остатков при 40 % минерализации может
ежегодно составлять в посевах озимой пшеницы 18,3—22,4 кг, озимой

ржи — 24,0—25,8, ячменя — 8,7—12,7, овса — 16,0—21,1, многолетних трав — 41,3, клевера — 43,4, смеси вики с овсом — 19,2—21,9, горчицы — 7,2—18,7, кукурузы — 36,6, соломы 203—41,3 кг/га. При полной минерализации растительных остатков связывание азота микроорганизмами может увеличиться в 2,5 раза.

Хозяйственный вынос азота с урожаем за ротацию севооборота составлял 495—942 кг/га, при бесменном возделывании ячменя и овса — соответственно 52,8—73,0 и 48,0—72,0 кг/га.

Газообразные потери азота из удобрений мы приняли равными 25 % от внесенной нормы [1, 7, 15]. Потери азота вследствие инфильтрации, т. е. проникновения минеральных форм азота в глубокие слои почвы вплоть до грунтовых вод незначительны [5, 16, 19], однако при высоких нормах азота и достаточном количестве осадков с промывными водами может теряться большое количество азота, и с этим уже приходится считаться. По имеющимся данным [16], потери азота вследствие инфильтрации можно считать равными 1 % приходной части баланса. С поверхностным стоком теряется в зависимости от окультуренности почв 1—4 кг азота на 1 га [19]. Мы приняли, что потери со стоковыми водами для многолетних трав равняются 3 кг, для озимой пшеницы — 5, яровых зерновых 8 кг/га в год.

Хозяйственный баланс азота в 1981—1984 гг. при используемой системе удобрения был положительным во всех опытных севооборотах. Следовательно, система удобрения, рассчитанная на получение определенного урожая культур при учете содержания усвояемого азота в почве, позволяет поддерживать бездефицитный или даже положительный баланс азота. Устойчивый положительный его баланс в специализированных зерновых севооборотах достигается в результате ежегодного возделывания промежуточных культур на зеленое удобрение и заправки соломы на 50 % севооборотной площади.

Т а б л и ц а 6

Баланс P_2O_5 (в числителе) и K_2O (в знаменателе)
в специализированных севооборотах в 1981—1984 гг.

Статьи баланса	Севооборот					
	I	II	III	IV	V	VI
Поступление:						
с удобрениями	2880 <u>2760</u>	3000 <u>2376</u>	3200 <u>2568</u>	3200 <u>2568</u>	3200 <u>2568</u>	3200 <u>2568</u>
с семенами	24,4 <u>17,2</u>	41,4 <u>25,7</u>	51,0 <u>32,0</u>	51,0 <u>32,0</u>	51,0 <u>32,0</u>	51,5 <u>31,6</u>
с осадками	7,2 <u>120</u>	7,2 <u>120</u>	7,2 <u>120</u>	7,2 <u>120</u>	7,2 <u>120</u>	7,2 <u>120</u>
всего	2311,6 <u>2897,2</u>	3048,6 <u>2521,7</u>	3258,2 <u>2720,0</u>	3258,2 <u>2720,0</u>	3258,2 <u>2720,0</u>	3258,7 <u>2719,6</u>
Расход:						
хозяйств. вынос с урожаем	819,5 <u>3030,7</u>	1038,7 <u>2259,2</u>	925,3 <u>1933,8</u>	1154,3 <u>2490,8</u>	924,4 <u>1843,3</u>	794,4 <u>1280,7</u>
потери со стоком	19,2 <u>134,4</u>	19,2 <u>134,4</u>	19,2 <u>134,4</u>	19,2 <u>134,4</u>	19,2 <u>134,4</u>	19,2 <u>134,4</u>
всего	838,7 <u>3165,1</u>	1057,9 <u>2393,6</u>	944,5 <u>2068,2</u>	1173,5 <u>2625,2</u>	943,6 <u>1977,7</u>	813,6 <u>1415,1</u>
Баланс:						
по севообороту	1441,3 <u>-267,9</u>	1942,1 <u>128,1</u>	2255,5 <u>651,8</u>	2026,5 <u>94,8</u>	2256,4 <u>742,3</u>	2386,4 <u>1304,5</u>
в среднем за год	360,3 <u>-67,0</u>	485,5 <u>32,0</u>	563,9 <u>163,0</u>	506,6 <u>23,7</u>	564,1 <u>185,6</u>	596,6 <u>326,1</u>

При бессменном возделывании ячменя и овса на контрольном участке отмечается дефицит азота (—40 и —31,9 кг в год), а ежегодная запашка пожнивного сидерата и соломы обеспечивает положительный баланс азота (46,2 и 65,2 кг/га в год).

При определении баланса фосфора (P_2O_5) учитывали поступление его с удобрениями, семенами и осадками, а также вынос с урожаями и потери со стоковыми водами. При проведении полевых опытов И. С. Шатилов с сотрудниками установили, что на экспериментальной базе «Михайловское» приход фосфора (P_2O_5) с осадками составляет 0,3 кг/га, калия (K_2O) — 5 кг/га в год, потери с водой при стоке — соответственно 0,8 и 5,6 кг/га в год [19]. Мы использовали эти данные, поскольку не определяли указанные статьи баланса в опыте.

Как видно из табл. 6, хозяйственный баланс фосфора в специализированных зерновых севооборотах складывался положительно. Благодаря высоким нормам фосфора в севооборотах и бессменных посевах под зерновые (до 120—160 кг/га) на фоне высоких норм азота и калия в почве ежегодно оставалось соответственно 90—150 и 81—100 кг фосфора на 1 га. Таким образом, применение норм удобрений, использованных в нашем опыте, позволяет систематически повышать эффектив-

Таблица 7

Баланс P_2O_5 (в числителе) и K_2O (в знаменателе)
при бессменном возделывании ячменя и овса в 1981—1984 гг.

Статьи баланса	Ячмень				Овес			
	без удобрений	НРК	НРК + $\Gamma_{\text{ПС}}$	НРК + $\Gamma_{\text{ПС}}$ солома	без удобрений	НРК	НРК + $\Gamma_{\text{ПС}}$	НРК + $\Gamma_{\text{ПС}}$ солома
Поступление:								
с удобрениями	—	480	480	480	—	480	480	480
		416	416	416		416	416	416
с семенами	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
	6,4	6,4	6,4	6,4	4,1	4,1	4,1	4,1
с осадками	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
	120	120	120	120	120	120	120	120
всего	14,1	494,1	494,1	494,1	14,1	494,1	494,1	494,1
	126,4	542,4	542,4	542,4	124,1	540,1	540,1	540,1
Расход:								
хозяйств.								
вынос с урожаем	79,6	100,8	112,6	110,0	94,9	149,4	1501,1	75,3
	172,1	224,2	236,0	243,1	197,1	375,9	346,9	219,7
потери со стоком	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2
	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4	134,4
всего	98,8	120,0	131,8	129,2	114,1	168,6	169,3	94,5
	306,5	358,6	370,4	377,5	331,5	510,3	481,3	354,1
Баланс:								
по севообороту	—84,7	374,1	364,9	—100,0	325,5	324,8	324,8	399,6
	—180,1	183,8	172,0	164,9	—207,4	29,8	58,8	186,0
в среднем за год	—21,2	93,5	90,6	91,2	—25,0	81,4	81,2	99,9
	—45,0	46,0	43,0	41,2	—51,9	7,5	14,7	46,5

ное плодородие почвы. При бессменном возделывании ячменя и овса без удобрений дефицит фосфора составляет 21,2 и 25 кг/га в год (табл. 7).

При расчетах баланса калия (K_2O) в севооборотах и в бессменных посевах использовали те же статьи прихода и расхода, что и при определении баланса фосфора (табл. 6 и 7).

Наиболее дефицитным элементом питания оказался калий. В севообороте I его дефицит был равен 67,0 кг/га в год. Во всех остальных севооборотах баланс калия складывался положительно — от 23,7 до 326,1 кг/га в год. Превышение поступления калия над расходом способствует накоплению этого элемента в почве зерновых специализированных севооборотов.

Выводы

1. В условиях Московской области возможно увеличение насыщения севооборота зерновыми культурами с 50 до 83 % и бессменное возделывание зернофуражных культур без снижения урожайности при запашке поживной горчицы в чистом виде и совместно с соломой.

2. На дерново-подзолистых почвах в севооборотах с высокой насыщенностью зерновыми культурами (83 %) устойчивый положительный баланс фосфора, бездефицитный или положительный баланс азота и калия достигаются при нормах минеральных удобрений, рассчитанных по выносу на определенный уровень урожайности, а также при запашке поживной горчицы и соломы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова Н. И., Зерцалов В. В. Потери азота удобрений в форме молекулярного азота и закиси азота. — *Агрохимия*, 1966, № 1, с. 13—19. — 2. Захарченко И. Г., Медведь Г. К. Баланс азота в системе почва — растение на мощных малогумусовых черноземах. — *Почвоведение*, 1972, № 2, с. 74—82. — 3. Захарченко И. Г., Шилина Л. И. Роль бобовых культур в азотном балансе дерново-подзолистых почв. — *Агрохимия*, 1968, № 1, с. 53—59. — 4. Кривеня Н. И. Вынос основных питательных веществ в севооборотах на дерново-подзолистых почвах БССР. — *Агрохимия*, 1976, № 10, с. 75—81. — 5. Кулаковская Т. Н., Дятковская Л. П. Баланс питательных веществ в земледелии БССР. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1970, № 4, с. 72—77. — 6. Леван Ф. И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции. — *Агрохимия*, 1977, № 8, с. 36—42. — 7. Лигум С. Г. Балансовый коэффициент использования растениями питательных веществ из удобрений и почвы и его применение. — *Агрохимия*, 1977, № 5, с. 128—133. — 8. Лошаков В. Г., Иванов Ю. Д., Иванова С. Ф. Баланс питательных веществ в интенсивных специализированных зерновых севооборотах. — *Изв. ТСХА*, 1979, вып. 1, с. 22—32. — 9. Лыков А. М. К методике расчетного определения гумусового баланса почвы в интенсивном земледелии. — *Изв. ТСХА*, 1979, вып. 6, с. 14—20. — 10. Мишустин Е. Н. Симбиотическая фиксация азота. — *Изв. АН СССР, сер. биол.*, 1962, № 5, с. 685—700. — 11. Петербургский А. В., Кудеярова А. Ю. Баланс основных питательных элементов и применение удобрений в земледелии СССР и РСФСР. — *Агрохимия*, 1977, № 2, с. 3—7. — 12. Прянишников Д. Н. Избр. соч. Т. I—III. М.: Сельхозиздат, 1963. — 13. Рудай И. Д. Влияние специализации сельскохозяйственного производства на баланс питательных веществ. — *Агрохимия*, 1977, № 8, с. 32—35. — 14. Сапожников Н. А. Баланс азота в земледелии Нечерноземной полосы и основные пути в улучшении азотного питания культурных растений. — В кн.: *Азот в земледелии Нечерноземной полосы*. Л.: Колос, 1973. — 15. Смирнов П. М. Превращение азотных удобрений в почве и их использование растениями. — Автореф. докт. дис. М., 1970. — 16. Трепачев Е. П. О методике исследования азотного баланса почвы в длительных опытах. — *Почвоведение*, 1976, № 3, с. 137—149. — 17. Фарафонов Г. И., Хабарова А. И. Баланс питательных веществ при различных системах удобрения в севооборотах в Нечерноземной зоне. — *Агрохимия*, 1980, № 2, с. 54—61. — 18. Шатилов И. С., Замараев А. Г., Чаповская Г. В. Баланс азота в севообороте на дерново-подзолистой почве. — *Изв. ТСХА*, 1977, вып. 1, с. 34—44. — 19. Шатилов И. С., Замараев А. Г., Чаповская Г. В. Химический состав атмосферных осадков и поверхностно стекаемых вод. — *Докл. ВАСХНИЛ*, 1977, № 6, с. 1—3. — 20. Шиян П. Н., Черепанов В. П., Якименко В. Н. Изучение размеров симбиотической фиксации азота клевером и горохом. — *Агрохимия*, 1980, № 3, с. 12—17. — 21. Юрко Е. П. Потери азота из почвы с нисходящими токами. — *Агрохимия*, 1980, № 4, с. 15—20.

Статья поступила 4 июля 1985 г.

SUMMARY

Results of 4-year-long experiments (1981—1984) show that under conditions of the Moscow region it is possible to saturate crop rotations with grain crops from 50 to 83 % and higher without reducing their yielding capacity, if afterharvest mustard crop is used for green manure alone as well as in combination with straw.

Stable positive balance of nitrogen in specialized grain crop rotations is achieved by annual cultivation of catch crops for green manure and by plowing under straw on 50 % of crop rotation area.

Applying calculated rates of fertilizers allows to systematically increase effective soil fertility and ensure stable positive balance of phosphorus and undeficient or positive balance of nitrogen and potassium.