

УДК 631. 811

КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, НАВОЗА И ПОЧВЫ КУЛЬТУРАМИ СЕВООБОРОТА

Дзюин Г.П., Дзюин А.Г.

ФГБНУ Удмуртский НИИСХ, Ижевск, e-mail: ugniish@yandex.ru

В стационарном опыте с дерново-подзолистой суглинистой почвой получены новые данные об использовании питательных веществ культурами севооборота. Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений зависели от доз их внесения в почву и плодородности почвы. Очень низкие и низкие дозы NPK сильно повышали коэффициенты по азоту (до 98–216%) и по калию (до 130–419%). Поступление питательных веществ в растения из навоза удерживалось соломой озимой ржи, вследствие медленного ее разложения в почве. Коэффициенты использования фосфора и калия из почвы снижались с увеличением их запасов в почве.

Ключевые слова: коэффициент, азот, фосфор, калий, навоз, почва

THE RATIOS OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM FROM THE MINERAL FERTILIZERS, MANURE AND SOIL BY CROPS OF CROP ROTATION

Dzyuin G.P., Dzyuin A.G.

Udmurt State Agricultural Research Institute, Izhevsk, e-mail: ugniish@yandex.ru

The inpatient experience with sod-podzolic loamy soil obtained new data on the use of nutrients by crops of crop rotation. The ratios of nitrogen, phosphorus and potassium from the mineral fertilizers depended on the doses of their soil and fertilization of the soil. Very low and low dose NPK greatly increased the ratios of nitrogen (up to 98–216%) and potassium (up to 130–419%). The supply of nutrients to plants from manure kept straw rye, due to its slow decomposition in the soil. The ratios of phosphorus and potassium from the soil decreased with the increase in their reserves in the soil.

Keywords: coefficient, nitrogen, phosphorus, potassium, manure, soil

Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений, навоза и почвы раскрывают многие явления и процессы питания растений. Они показывают отношение культур к элементам питания, степень их накопления в почве, плодородности севооборотной площади. Широкая амплитуда колебания коэффициентов [2,3,5] обычное и нормальное явление. Оно указывает на разнообразие условий, которые создаются при выращивании сельскохозяйственных культур. Факторов, влияющих на величину коэффициентов использования питательных веществ из удобрений, много. Но больше всего они связаны с величиной урожайности культур, выносом питательных веществ с урожаем.

В Удмуртии первые сведения об использовании фосфора и калия из почвы озимой рожью, ячменем и льном-долгунцом были приведены И.П. Дерюгиным [4]. В 1985 г. нами были обобщены показатели содержания азота, фосфора и калия в растениях ряда культур, их выноса урожаем, коэффициентов использования из минеральных удобрений (КИУ) и почвы (КИП) по результатам 101 опыта [5].

Было установлено, что КИУ азота, фосфора, и калия в «чистом виде» без всяких фоновых удобрений имеет сходство по некоторым культурам и различия по другим

в сравнении с усредненными показателями центральной и северо-западной зон России [1]. По справочным данным на суглинистых почвах растения потребляют из удобрений в первый год их действия азота 40-50%, фосфора 15-20%, калия 40-45%. По нашим данным сходные коэффициенты получены по азоту для озимой ржи по чистому пару и брюквы (43-53%), по фосфору для брюквы, многолетних бобово-злаковых трав (18-22%). У других культур – озимой ржи, идущей по клеверу, ячменя, картофеля, однолетних и многолетних трав 1 г.п. они оказались ниже. По азоту составили 20-32%, фосфору – 6-14%. Низкими были значения КИУ калия озимой ржи, картофеля, однолетних трав и кукурузы (20-37%). Выше (50-100%) – у ячменя, брюквы, многолетних трав. Низкие коэффициенты усвоения питательных веществ объясняются частичным закреплением фосфора и калия с почвой невысокого плодородия и неблагоприятными погодными условиями в период вегетации растений. По данным ряда публикаций показатели имеют значительный разброс. По азоту – от 40 до 90%, по фосфору – от 10 до 30%, по калию – от 30 до 100% [2].

На современном этапе ведущее место в земледелии занимает биологическое направление. Оно осуществляется в адаптивных севооборотах, в которых, наряду

с минеральными, используются органические удобрения – навоз, компосты, сидераты, солома, являющиеся компонентами систем удобрений. На доступность элементов питания растениям культур используемые ресурсы наибольшее влияние оказывают во взаимодействии. Именно в этом ракурсе, с учетом удобренности почвы, усвоение растениями питательных элементов представляет наибольший научный и практический интерес.

Цель исследования. Изучить влияние систем удобрений на степень усвоения питательных веществ культурами севооборота в длительном стационарном опыте в зависимости от уровня плодородия дерново-подзолистой суглинистой почвы и использования минеральных удобрений в условиях Предуралья.

Материалы и методы исследования

Стационарный опыт заложен в 1971-1972 гг. с чередованием культур в севообороте, представленном в табл. 2. В работе приводятся результаты исследований, полученные в 4-й и 5-й ротациях севооборота. Изучаются два фактора. Фактор А – фоны с внесением извести и навоза: 1 – нулевой фон (Н¹); 2 – известь внесли в паровом поле 1-й ротации по 1Нг и 2-й ротации по 2Нг (И²); 3 – навоз внесли 40 т/га в 1-й ротации и по 60 т/га во 2-5 ротациях (Н⁴ и Н⁵); 4 – известь + навоз внесли так же как в предыдущих фонах (И²Н⁴ и И²Н⁵). Фактор В – минеральные удобрения. В 4-й ротации севооборота (1995-2003 гг.) применяли: 1 – N47P46K46; 2 – N64P62K74; 3 – N81P80K102 в среднем под культуру. В 5-й ротации (2004-2011 гг.): NPK по 10, 20, 40, 60 кг д.в./га. На клевере удобрения не вносили. Солому озимой ржи заделывали в почву. Повторность опыта – четырехкратная. Агрохимические показатели почвы (табл. 1).

Результаты исследования и их обсуждение

Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений (КИУ) в опыте зависели от биологических особенностей культур и других факторов (метеорологических условий вегетационного периода, уровня применения удобрений, микробиологических и обменных процессов

элементов питания в почве). Отличались они и по ротациям севооборота. В 4-й ротации значения КИУ были ниже. Первая культура севооборота – озимая рожь, под которую вносили навоз, отличалась наибольшими показателями (табл. 2). На унавоженных фонах коэффициент потребления азота достигал 100–139%, что указывает на его использование не только из минеральных удобрений, но и из органических, в том числе продуктов разложения растительных остатков предшествующих культур. Высокий коэффициент потребления наблюдался и в отношении калия – 71–144%. Значительная его часть, поступившей в растения, также является органического происхождения. Если коэффициенты потребления азота, фосфора и калия озимой ржи в среднем составил 105, 29 и 96%, то кукурузы (2-й культуры) – в 2 раза меньше – 49, 16 и 50%. У яровой пшеницы (3-й культуры) коэффициенты были более низкими – 40, 12 и 15% соответственно.

Заметно возросли коэффициенты у клевера 1 г.п. – 46, 14, 52% и клевера 2 г.п. – 60, 19, 80% в среднем. В условиях прохладного и засушливого лета, вследствие медленного разложения растительных остатков клевера, шестая культура – озимая рожь снизила коэффициенты использования азота и калия из удобрений по сравнению с предыдущей культурой, но увеличила по фосфору (вследствие использования из запасов) – 36, 34 и 66% соответственно. Ячмень – последняя культура в севообороте повысил потребление азота (56%), который стал поступать из продуктов разложения растительных остатков клевера и снизил по фосфору и калию (29 и 35%).

При внесении меньших доз NPK коэффициенты потребления азота, фосфора и калия были устойчиво выше, чем при внесении повышенных доз. В вариантах с внесением микроэлементов в сочетании с повышенным уровнем NPK на трех фонах (Н¹, И² и Н⁴) наблюдалась тенденция повышения значений КИУ.

Таблица 1

Агрохимические показатели в конце 5-й ротации севооборота

Фон	рН _{KCl}	Нг	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
		ммоль/100 г. почвы		мг/кг почвы		
Исходные показатели в почве до закладки опыта (1971-1972 гг.)						
Без удобрений	5,0	2,7	14,8	52	98	2,50
В конце 5-й ротации севооборота (2010-2011 гг.)						
Без удобрений – Н ¹	4,6	4,0	11,1	171	126	2,16
Известь – И ²	6,2	1,3	18,4	244	144	2,11
Навоз – Н ⁴	5,1	3,6	14,0	417	180	2,61
Известь + навоз – И ² Н ⁴	6,1	1,6	19,1	453	190	2,68

Таблица 2

Коэффициенты использования из минеральных удобрений и возмещения выноса азота, фосфора и калия культурами севооборота, % (среднее по двум закладкам опыта и фонам N_1, I^2, H^4, I^2H^4), 4-я ротация

Культура	Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		КИУ	КВВ	КИУ	КВВ	КИУ	КВВ
Озимая рожь	N47P46K46	132	26	38	94	144	25
	N81P80K102	89	44	24	159	71	54
	N81P80K102 +Мэ	94	43	26	151	73	55
	Среднее	105	38	29	135	96	45
Кукуруза	N47P46K46	49	40	18	112	52	42
	N81P80K102	45	65	12	198	42	84
	N81P80K102 +Мэ	52	62	19	173	56	73
	Среднее	49	56	16	161	50	66
Яровая пше- ница	N47P46K46	46	73	15	187	20	150
	N81P80K102	34	114	9	323	12	322
	N81P80K102 +Мэ	40	108	11	306	12	332
	Среднее	40	98	12	272	15	268
Клевер 1 г.п.	N47P46K46	60	41	18	140	72	36
	N81P80K102	40	68	13	232	43	76
	N81P80K102 +Мэ	36	71	11	241	40	80
	Среднее	45	60	14	204	52	64
Клевер 2 г.п.	N47P46K46	79	36	23	124	102	31
	N81P80K102	46	62	16	206	72	62
	N81P80K102 +Мэ	56	58	18	198	67	63
	Среднее	60	52	19	176	80	52
Озимая рожь	N47P46K46	52	54	47	72	103	36
	N81P80K102	29	96	29	124	49	80
	N81P80K102 +Мэ	28	95	27	124	46	82
	Среднее	36	82	34	107	66	66
Ячмень	N47P46K46	58	54	31	93	34	73
	N81P80K102	59	74	27	141	35	130
	N81P80K102 +Мэ	51	76	30	134	35	129
	Среднее	56	68	29	123	35	111
Среднее	N47P46K46	68	46	27	117	75	56
	N81P80K102	49	75	18	197	46	115
	N81P80K102 +Мэ	51	74	20	189	47	115
	Среднее	56	65	22	168	56	95

Примечание. КИУ – коэффициент использования из минеральных удобрений; КВВ – коэффициент возмещения выноса; Мэ – микроэлементы: цинк под озимую рожь, медь под яровые зерновые, кобальт под кукурузу, бор и молибден на клевере.

Средние значения КИУ в севообороте были несколько выше по сравнению с литературными данными [1]. По азоту – 54-58, фосфору – 19-24, калию – 48-64% против 40-50, 15-20, 40-45% соответственно. Объясняется это повышенным уровнем биогенности почвы, которая создавалась при длительном применении удобрений в стационаре.

В 5-й ротации севооборота со сниженным уровнем применения минеральных удобрений питательные вещества растениями усваивались более активно, чем в 4-й ротации, и значения КИУ значительно возросли. Боль-

ше всего потребляли азот из удобрений озимая рожь и яровая пшеница, поскольку для образования белка в зерне при невысоких (низких) дозах азота включался механизм усиленного его добывания (табл. 3). У клевера 1 и 2 г.п., убираемого на сено, по величине коэффициента потребления калий был на первом месте, азот – на втором. Такой порядок сохранился и на следующей культуре – озимой ржи. Очень низкие и низкие дозы NPK по 10 и 20 кг д.в./га резко повысили коэффициент использования питательных веществ из удобрений. Растения, испытывая дефицит, вынуждены были

использовать азот и калий не только из внесённой дозы удобрения (на все 100%), но и из органических соединений и из почвы. В результате этого в варианте N10P10K10 КИУ азота возрос: у клевера 2 г.п. – до 216%, озимой ржи – 200%, яровой пшеницы – 180%, клевера 1 г.п. – 144%, кукурузы – 98%. Очень высокими были значения коэффициентов потребления калия. Они достигли: у клевера 2 г.п. – 369%, клевера 1 г.п. – 272%, куку-

рузы – 168%, озимой ржи – 130% и 419%, яровой пшеницы – 128%. По мере увеличения доз удобрений значения КИУ снижались. При дозе N60P60K60 по азоту до 45%, по фосфору – 15%, по калию – 77% в среднем по культурам. Низкие дозы удобрений не обеспечивали растения культур достаточным количеством питательных веществ. При длительном их выращивании в таком режиме плодородие почвы обречено на деградацию.

Таблица 3

Коэффициенты использования из минеральных удобрений и возмещения выноса азота, фосфора и калия культурами, % (5-я ротация)

Культура	Вариант	N		P, O ₅		K, O	
		КИУ	КВВ	КИУ	КВВ	КИУ	КВВ
Озимая рожь	N10P10K10	200	13	79	31	130	21
	N20P20K20	132	24	46	59	79	39
	N40P40K40	64	48	24	117	45	76
	N60P60K60	46	70	18	170	34	108
	Среднее	110	39	42	94	72	61
Кукуруза	N10P10K10	98	34	45	61	168	18
	N20P20K20	50	67	22	123	71	38
	N40P40K40	43	108	18	213	64	62
	N60P60K60	29	160	15	349	45	91
	Среднее	55	92	25	186	87	52
Яровая пшеница	N10P10K10	180	16	66	40	128	25
	N20P20K20	100	31	28	84	80	47
	N40P40K40	70	55	18	158	42	92
	N60P60K60	60	74	20	199	45	111
	Среднее	102	44	33	120	74	69
Клевер 1 г.п.	N10P10K10	140	9	75	24	272	6
	N20P20K20	78	18	51	44	198	12
	N40P40K40	51	34	21	92	112	23
	N60P60K60	38	50	16	134	119	30
	Среднее	77	28	41	74	175	18
Клевер 2 г.п.	N10P10K10	210	11	71	27	369	7
	N20P20K20	62	24	34	55	118	15
	N40P40K40	58	42	23	103	116	26
	N60P60K60	39	63	18	150	107	35
	Среднее	92	35	36	84	178	21
Озимая рожь,	N10P10K10	200	12	77	28	419	7
	N20P20K20	104	24	32	59	210	14
	N40P40K40	68	45	22	11	161	24
	N60P60K60	49	66	16	161	126	33
	Среднее	105	37	37	65	229	20
Ячмень,	N10P10K10	70	17	- 17	41	47	20
	N20P20K20	88	29	36	60	110	30
	N40P40K40	49	57	22	114	83	51
	N60P60K60	53	73	18	162	61	73
	Среднее	65	44	15	94	75	44
Среднее	N10P10K10	158	16	57	36	219	15
	N20P20K20	88	31	35	69	124	28
	N40P40K40	58	56	21	115	89	50
	N60P60K60	45	80	15	170	77	69
	Среднее	87	46	32	98	127	40

Усредненные значения КИУ по культурам севооборота показали аналогичную картину в вариантах опыта. Однако фоны оказали определенное влияние на величину коэффициентов. По азоту, например, закономерность, показанная выше, сохранилась. Чем ниже удобренность почвы (фоны Н¹, И²), тем выше значения КИУ в вариантах с низкими дозами НРК. И, наоборот, чем выше удобренность (фоны Н⁵, И²Н⁵), тем ниже значение коэффициента. Таким же образом, как правило, изменялись значения коэффициентов потребления фосфора и калия по вариантам (табл. 4). Средние значения коэффициентов по фосфору на разных по плодородию фонах близки между собой, за исключением фона с известкованием (И²), где как и в 4-й ротации коэффициент был наименьшим. В целом, коэффициенты свидетельствуют о достаточной обеспеченности

почвы фосфором и о недостаточной обеспеченности калием. Таким образом, длительное систематическое применение удобрений в многолетнем опыте свидетельствует о существенном влиянии доз внесения НРК и удобренности почвы на величину коэффициентов усвоения питательных веществ из минеральных удобрений. Однозначных показателей для почвенной разности нет, и не может быть. При недостатке элементов питания сельскохозяйственные культуры мобилизуют все имеющиеся в почве резервы – из продуктов распада органических веществ, из почвы. Размах колебаний достигал более значительных величин по сравнению с литературными данными: по азоту – 28-210%, фосфору – 9-79%, калию – 12-419% против 40-90%, 10-30%, 30-100% у 11 авторов и 24.5-75.8%, 4.6-38.6%, 17.2-100% соответственно в опытах Ижевской ГСХА [2].

Таблица 4

Коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений и возмещения их выноса в 5-й ротации севооборота на разных фонах, % (среднее по двум закладкам)

Фон	Варианты	Коэффициент использования			Коэффициент возмещения выноса		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Н ¹	N10P10K10	189	82	209	15	35	13
	N20P20K20	110	44	157	33	69	22
	N40P40K40	70	28	92	52	127	43
	N60P60K60	45	16	73	79	199	59
	Среднее	104	42	133	45	108	34
И ²	N10P10K10	187	57	249	14	34	12
	N20P20K20	84	26	128	29	70	24
	N40P40K40	56	16	96	54	132	41
	N60P60K60	50	17	85	73	179	54
	Среднее	94	29	140	42	104	33
Н ⁵	N10P10K10	172	61	198	12	30	12
	N20P20K20	81	28	87	25	61	20
	N40P40K40	54	19	66	47	116	41
	N60P60K60	39	15	62	69	167	54
	Среднее	86	31	103	38	94	32
И ² Н ⁵	N10P10K10	132	67	282	12	28	9
	N20P20K20	68	38	114	24	55	18
	N40P40K40	51	21	98	45	108	32
	N60P60K60	45	19	82	63	149	45
	Среднее	74	36	144	36	85	26
Среднее	N10P10K10	170	67	234	14	32	11
	N20P20K20	86	34	122	27	64	21
	N40P40K40	58	21	88	50	121	39
	N60P60K60	45	17	76	71	173	53
	Среднее	90	35	130	40	98	31

В тесной зависимости с коэффициентом использования питательных веществ находится коэффициент возмещения их выноса растениями. Чем выше коэффициент использования, тем ниже коэффициент возмещения. При коэффициенте возмещения выше 100% происходит повышение, если ниже – снижение содержания питательных веществ в почве.

Повышенные дозы минеральных удобрений с избытком компенсировали вынос азота яровой пшеницей в 4-й ротации и кукурузой в 5-й ротации севооборота – 108-114% и 108-160% соответственно (см. табл. 2 и 3). В остальных случаях вынос азота культурами севооборота компенсировался в 4-й ротации на 26-96%, в 5-й ротации – на 9-74%. С повышением дозы внесения азота коэффициент его выноса урожаем увеличивался. Для азота наименьший коэффициент возмещения 80% можно считать вполне приемлемым. Растения, потребляя без остатка азот удобрений, предотвращают загрязнение почвы.

Иная зависимость сложилась по фосфору. Высокие коэффициенты его возмещения выноса культурами севооборота, составившие более 100% и достигшие 323% в 4-й и 349% в 5-й ротациях свидетельствуют о слабом усвоении его растениями и значительном накоплении в почве. Больше всего накапливалось фосфора в почве при внесении повышенных доз удобрений под яровой пшеницей (4-я ротация) и под кукурузой (5-я ротация). Причиной слабого усвоения его явилось в основном низкая их урожайность. В то же время низкие дозы фосфора (10-20 кг д.в./га) недостаточно компенсировали вынос его культурами севооборота, в пределах всего 24-61% и 44-84% соответственно.

Коэффициенты возмещения выноса калия в большинстве случаев были схожими с азотом. В 4-й ротации наибольшими

они были у яровой пшеницы (150-332%) и ячменя (73-130%). У остальных культур они варьировали в пределах 25-84% (см. таблицу 2). С увеличением дозы внесения калия, как и азота и фосфора, коэффициент возмещения возрастал. Аналогичное распределение коэффициентов возмещения калия отмечено и в 5-й ротации севооборота, с разницей лишь в том, что вследствие низких доз его внесения показатели были ниже: 7-25% при внесении калия в дозе 10 кг д.в./га и 12-47% – при внесении 20 кг д.в./га (см. таблицу 4). Таким образом, калий для растений был в дефиците.

Коэффициенты использования питательных веществ растениями из навоза (КИН). В 4-й ротации севооборота, внесенный навоз, содержал азота 0,56%, фосфора – 0,22% и калия – 0,47%. Первой культурой – озимой рожью было использовано азота – 17%, фосфора – 11%, калия – 27% (таблица 5). В каждый последующий год значения КИН уменьшались. Вторая культура севооборота – кукуруза использовала азот и калий в 2 раза меньше. На пятый год клевер 2 г.п. практически полностью прекратил потребление питательных веществ из органического вещества. Следующие за клевером озимая рожь и ячмень использовали азот, фосфор и калий, по-видимому, из продуктов разложения не только навоза, но и клевера. В сумме за ротацию из навоза культурами севооборота было усвоено азота – 41%, фосфора – 37% и калия – 60%. Следует отметить, что определенное влияние на величину КИН оказала солома озимой ржи, которую вносили дважды за 4-ю ротацию и растительные остатки выращиваемых культур. Из них питательные вещества высвобождались постепенно, в период сравнительно длительного времени. В этих условиях основным легко доступным источником питания для растений становились минеральные удобрения.

Таблица 5

Коэффициенты использования питательных веществ из навоза общим урожаем культур севооборота, % (4-я ротация)

Культура	Коэффициент использования		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая рожь	17	11	27
Кукуруза	8	8	14
Яровая пшеница	6	4	3
Клевер 1 г.п.	4	2	6
Клевер 2 г.п.	0,3	-2	-0,4
Озимая рожь	3	6	6
Ячмень	3	8	4
Среднее	6	5	9
Всего	41,3	37,0	59,6

Таким образом, насыщая севооборот органическим веществом, можно создать резерв элементов питания растений на сравнительно длительный период, соизмеряемый количеством и качеством его поступления в почву, чередованием культур в севообороте.

Коэффициенты использования фосфора и калия растениями из почвы (КИП). Величина КИП зависит от уровня содержания в почве питательных веществ, культуры, погодных условий и др. Чем больше запасов фосфора и калия в почве, тем ниже значение коэффициента. В 4-й ротации севооборота коэффициент использования фосфора был несколько выше у ячменя (11,8%) и озимой ржи (8–11,0%). У клевера и кукурузы составили 5,5–6,5%, яровой пшеницы – 4,2% (табл. 6). 5-й ротации значения коэффициентов заметно уменьшились вследствие увеличения запасов фосфора в почве. Более высокими значениями характеризовались

коэффициенты использования из почвы калия. У озимой ржи в 4-й ротации составили 40,8–44,5%, клевера 1 и 2 г.п. – 39,5–49,2%, кукурузы – 38,0%. Значительно меньше у яровой пшеницы – 9,5%, что связано с низкой её урожайностью в неблагоприятных условиях погоды. В 5-й ротации отмечено снижение под озимой рожью (первой культурой) и кукурузой. Меньше калия из почвы потреблял ячмень (20,6%).

С повышением продуктивности севооборота снижалось потребление фосфора и калия растениями культур из почвы (табл. 7). В варианте без удобрений (абсолютный контроль) внесение извести снизило величину коэффициента использования P_2O_5 до 7,8%, внесение навоза – до 5,6%, совместное внесение извести и навоза – до 5,8% по сравнению с нулевым фоном (11,7%). Уменьшилась также величина коэффициента использования калия соответственно с 39,0 до 33,3; 29,7 и 32,0%.

Таблица 6

Коэффициенты использования подвижного фосфора и обменного калия из почвы культурами севооборота 4-й и 5-й ротаций, % (среднее по двум закладкам опыта)

Культура	P_2O_5 по ротациям			К,О по ротациям		
	4	5	Среднее	4	5	Среднее
Озимая рожь	8,0	5,0	6,5	44,5	12,8	28,6
Кукуруза	5,8	1,6	3,7	38,0	7,2	22,6
Яровая пшеница	4,2	3,5	3,8	9,5	8,4	9,0
Клевер I г.п.	5,5	5,4	5,4	39,5	47,9	43,7
Клевер II г.п.	6,5	4,2	5,4	49,2	48,0	48,6
Озимая рожь	11,0	5,0	8,0	40,8	55,2	48,0
Ячмень	11,8	4,7	8,2	20,2	20,9	20,6

Таблица 7

Коэффициенты использования подвижного фосфора и обменного калия из почвы (КИП) без применения минеральных удобрений, %

4-я ротация. Продуктивность на абсолютном контроле – 2,52 т з.е./га					5-я ротация. Продуктивность на абсолютном контроле – 1,83 т з.е./га				
Фон	Средняя продуктивность		КИП на абс. контроле		Фон	Средняя продуктивность		КИП на абс. контроле	
	т з.е./га	% к абс. контролю	P_2O_5	K_2O		т з.е./га	% к абс. контролю	P_2O_5	K_2O
H ¹	3,26	29,4	11,7	39,0	H ¹	2,62	37,7	7,2	22,5
И ²	3,33	32,1	7,8	33,3	И ²	2,49	36,1	5,3	19,5
H ⁴	3,37	33,7	5,6	29,7	H ⁵	2,78	51,9	2,8	21,2
И ² H ⁴	3,85	52,8	5,8	32,0	И ² H ⁵	2,87	56,8	2,7	20,8

Заключение

Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из минеральных удобрений культурами севооборота находились в зависимости от доз их внесения в почву и плодородности самой почвы. Установлено резкое повышение значений КИУ при внесении очень низких – N10P10K10 и низких – N20P20K20 доз минеральных удобрений. Растения, испытывая дефицит, использовали азот и калий не только из внесенных удобрений, но и из органических соединений и почвы. В результате этого при внесении N10P10K10 КИУ азота возрос до значений: клевера 2 г.п. – 216%, озимой ржи – 200%, яровой пшеницы – 180%, клевера 1 г.п. – 144%, кукурузы – 98%. КИУ калия: клевера 2 г.п. – 369%, клевера 1 г.п. – 272%, кукурузы – 168%, озимой ржи – 130% и 419%, яровой пшеницы – 128%. По мере увеличения доз коэффициенты использования из минеральных удобрений снижались: по азоту – до 45%, фосфору – 15%, калию – 77% в среднем по культурам при внесении N60P60K60. В севообороте питательные вещества были компенсированы внесением минеральных удобрений: по азоту только на 35%, калию – 25%, фосфору – 84%.

Длительное применение систем удобрений в севообороте существенно изменило характер потребления питательных веществ из навоза. Значения коэффициентов использования в каждый последующий год снижались. Кукуруза использовала в 2 раза меньше азота (8%), фосфора (8%) и калия (14%), чем первая культура озимая рожь (азота – 17%, фосфора – 11%, калия – 27%). На 5-й год клевер 2 г.п. полностью прекратил потребление питательных веществ из навоза. Последующие культуры – озимая рожь и ячмень возобновили их потребление из продуктов разложения в небольших

количествах (азота – 3%, фосфора – 6-8%, калия – 4-6%), используя не только из навоза, но и из растительных остатков клевера. Солома озимой ржи сдерживала биологическую активность почвы. Питательные вещества, медленно высвобождаясь, слабо усваивались растениями. В этих условиях доступным источником питания для растений становились минеральные удобрения.

Коэффициенты использования фосфора и калия из почвы зависели от их запасов в почве. Чем больше запасов, тем меньше коэффициент, особенно по фосфору. В 4-й ротации максимальные коэффициенты были у ячменя (11,8%) и озимой ржи (8-11%). В 5-й ротации с увеличением запасов фосфора в почве их значения уменьшились (4,7 и 5,0% соответственно). Коэффициенты использования калия из почвы были выше. В 4-й ротации: у озимой ржи – 40,8-44,5%, клевера 1 и 2 г.п. – 39,5-49,2%, ячменя – 20,6%. В 5-й ротации: у озимой ржи 12,8-55,2%, клевера 1 и 2 г.п. – 47,9-48,0%, ячменя – 20,9%.

Список литературы

1. Анспок П.И., Штиканс Ю.К., Визла Р.Р. Справочник агрохимика Нечерноземной полосы. – Л.: Колос, 1981. – 328 с.
2. Башков А.С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – 328 с.
3. Безносков А.И., Силин М.И. Вынос основных элементов питания и их баланс в различных видах полевых севооборотов // Химизация земледелия. – Ижевск: Удмуртия, 1976. – С. 117-126.
4. Дерюгин И.П. Агрохимические основы применения минеральных удобрений в Удмуртской АССР. – Ижевск: Удмуртия, 1978. – 164 с.
5. Дзюин Г.П., Зедярова. Вынос и коэффициенты использования питательных веществ сельскохозяйственными культурами // Тр. Уральского НИИ сельского хозяйства: Вопросы повышения плодородия почв на Среднем Урале. – Свердловск, 1985. – Т. 42. – С. 83-91.