

УДК 633.28:631.8

ПОТРЕБЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРЦЕМ ЗАБАЙКАЛЬСКИМ ПРИ РАСЧЕТНЫХ НОРМАХ УДОБРЕНИЙ

Ю. П. ЖУКОВ, Р. А. ДОЦЕНКО

(Кафедра агрономической и биологической химии и кафедра растениеводства)

Приводятся данные о выносе элементов питания урожаем горца забайкальского ежегодно и в сумме за 4 года в зависимости от норм удобрений, обеспеченности почвы обменным фосфором, норм высева семян и режима использования. Указываются балансовые коэффициенты использования удобрений, дается оценка изменений агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы после 4-летнего выращивания этой малораспространенной кормовой культуры.

В наших исследованиях [3] установлена реальная возможность ежегодного получения в течение 4 лет 100 ц абсолютно сухой массы горца забайкальского с 1 га при внесении рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов [1, 2] норм удобрений на дерново-подзолистой почве Подмосковья, показано влияние изучавшихся норм и соотношений удобрений на основные показатели качества получаемой продукции. В настоящем сообщении приводятся данные о потреблении питательных элементов культурой, фактические балансовые коэффициенты использования удобрений, а также сведения об изменении основных агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы после 4-летнего возделывания горца забайкальского при внесении удобрений в нормах, рассчитанных балансовым методом.

Одним из основных исходных параметров при определении норм удобрений балансовыми методами является вынос питательных элементов планируемыми урожаями, который определяется на основании относительного (процентного) содержания в основной и побочной продукции этих элементов или по затратам (выносу) их на создание единицы основной продукции с соответствующим количеством побочной.

Анализы и соответствующие расчеты (табл. 1) показали, что затраты отдельных питательных элементов на единицу абсолютно сухой продукции горца забайкальского под влиянием изучавшихся норм удобрений изменялись неодинаково. С увеличением расчетных норм азотно-фосфорных удобрений для получения возрастающих уровней урожайности заметно возрастали затраты азота и фосфора на единицу продукции на всех изучавшихся фонах обеспеченности почвы подвижными формами

**Затраты (вынос) элементов питания (кг)
на 10 ц абсолютно сухой продукции горца забайкальского. Опыт 1**

Вариант удобрения	Фон обеспеченности почвы фосфором	1981 г.			1982 г.			1983 г.			1984 г.			Среднее за 4 года		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений (контроль)	1	23	5,2	26	25	8,0	27	18	7,4	26	18	9,4	24	21	7,5	26
	2	24	5,4	26	27	7,9	23	15	5,5	24	22	10,0	21	22	7,2	24
	3	24	5,3	26	24	8,3	26	18	9,1	24	17	10,0	23	21	8,3	25
245N50P	1	24	6,2	26	35	8,4	23	38	7,8	18	36	9,7	22	33	8,1	22
245N35P	2	24	6,2	26	34	8,6	25	29	6,9	20	35	11,0	26	30	8,3	24
245N25P	3	24	6,3	26	33	8,7	25	32	8,5	17	35	12,0	22	31	8,9	22
350N70P	1	24	6,4	30	31	9,5	22	43	8,1	23	40	13,0	22	35	9,2	24
350N45P	2	26	7,2	26	41	10,0	25	42	10,0	24	39	12,0	20	37	9,8	24
350N35P	3	25	6,3	27	40	7,9	21	34	8,1	16	37	12,0	21	34	8,6	21
455N90P	1	31	7,2	28	37	8,7	24	44	7,3	19	44	14,0	22	39	9,2	23
455N60P	2	30	6,8	26	45	9,2	25	34	8,4	17	35	12,0	19	36	9,1	22
455N45P	3	30	7,1	27	41	11,0	24	37	11,0	20	37	12,0	21	36	10,0	23

фосфора (фон 1 — содержание P₂O₅ до 20 мг, 2 — от 20 до 25, 3 — более 35 мг на 100 г). Затраты калия практически не изменялись, хотя с 1982 г. ежегодно и в среднем за 4 года исследований наблюдалась тенденция к их уменьшению, обусловленная эффектом «разбавления» этого элемента при возрастающих уровнях урожаев культуры в вариантах с внесением удобрений. Таким образом, на высоко обеспеченной обменным калием дерново-подзолистой почве при исключении калия из состава удобрений не снижалось потребление его растениями, несмотря на значительное увеличение урожайности горца забайкальского под влиянием азотно-фосфорных удобрений в нормах, рассчитанных на получение 70 ц абсолютно сухой продукции с 1 га. Фактическая урожайность составила 108—116 ц/га, т. е. практически соответствовала второму плановому уровню (100 ц/га).

В опыте 2 (табл. 2), где нормы азотно-фосфорно-калийных удобрений были рассчитаны на получение 100 ц сухого вещества с 1 га, изучалось влияние количества укосов и норм высева семян на затраты (вы-

Таблица 2

Затраты (вынос) элементов питания (кг) на 10 ц абсолютно сухой продукции горца забайкальского в зависимости от числа укосов и нормы высева семян

Число укосов	Норма высева семян, кг/га	1981 г.			1982 г.			1983 г.			1984 г.			Среднее за 4 года		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2—2—2—2	8	25	6,3	27	39	9,2	26	32	8,9	30	43	12,8	25	35	9,3	27
	12	21	6,3	30	36	8,4	26	29	7,6	26	48	13,2	25	35	8,9	27
	16	27	5,8	29	36	10,0	25	31	11,0	28	41	13,2	25	30	10,0	27
3—3—3—3	8	34	6,5	29	41	9,5	33	35	9,3	27	44	11,1	23	38	9,1	28
	12	32	6,8	31	41	8,9	28	38	8,4	30	45	13,3	26	39	9,3	29
	16	32	7,0	32	39	9,2	29	34	8,8	28	48	12,2	24	38	9,3	28
3—2—3—2	8	32	6,4	29	35	10,4	25	37	8,9	26	39	14,5	21	36	10,0	25
	12	30	7,3	29	35	10,4	27	32	8,6	27	38	12,7	20	34	9,8	26
	16	31	6,6	32	38	10,4	23	32	8,3	29	41	12,9	23	36	9,6	27

Балансовые коэффициенты использования удобрений (%) растениями при расчетных нормах удобрений

Планируемая урожайность, ц/га	Фон обеспеченности почвы фосфором	Азотные (ежегодное внесение)				Среднее за 4 года	Фосфорные (запасное внесение)				Сумма за 4 года
		1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.		1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.	
70	1	98	153	208	158	154	31	45	53	53	182
	2	98	125	156	155	133	44	56	66	89	255
	3	97	151	175	166	147	62	98	115	143	418
100	1	68	96	147	104	104	20	36	35	42	133
	2	73	106	184	122	121	39	52	84	70	245
	3	66	116	126	111	105	41	60	76	91	268
130	1	54	82	101	91	82	16	25	27	36	103
	2	58	107	103	97	91	25	42	48	53	168
	3	55	97	81	91	81	32	66	62	76	236

нос) питательных элементов на единицу продукции. Установлено, что вынос азота, фосфора и калия практически не зависел от нормы высева семян. Вынос азота возрастал (в некоторых случаях значительно) при 3-укосном использовании посевов. Следует подчеркнуть, что при включении калия в состав удобрений фактические затраты его растениями при 2-кратном скашивании хотя и имели тенденцию к увеличению по сравнению с соответствующим вариантом опыта 1, но практически не отличались от таковых в контрольном варианте опыта 1.

Средние за годы исследований затраты азота и фосфора, рассчитанные на равную продуктивность (100 ц/га при 2-укосном использовании), в данных опытах практически не различались. Следовательно, при расчете норм удобрений на этот уровень урожайности для дерново-подзолистой почвы Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР затраты азота, фосфора и калия на 10 ц продукции нужно принимать равными соответственно 30—35; 8—10 и 21—27 кг.

Об эффективности потребления растениями питательных элементов при внесении удобрений судили по балансовым коэффициентам использования удобрений (отношение общего выноса каждого из питательных элементов фактическими урожаями к количеству, внесенному с удобрениями в %). Результаты расчетов (табл. 3) показали, что балансовые коэффициенты использования азотных удобрений, которые вносили ежегодно под междурядную обработку в три приема (27% — в период начала весеннего отрастания, 40% — при смыкании рядов, 33% — после первого укоса), в пределах каждого варианта ежегодно, как правило, мало различались на разных фонах обеспеченности почвы подвижными формами фосфора. С повышением норм удобрений балансовые коэффициенты использования азотных удобрений в отдельные годы и в среднем за 4 года заметно снижались и были наиболее близки к плановым (80%) в вариантах, рассчитанных на урожайность 130 ц/га. Так как средняя за 4 года урожайность горца во всех вариантах составляла 102—116 ц/га и практически соответствовала второму планируемому уровню урожайности (100 ц/га), а фактические балансовые коэффициенты использования не только азотных, но и фосфорных удобрений при нормах, рассчитанных на 70 и 100 ц сухой массы на 1 га, были значительно выше планируемых, можно утверждать, что лимитирующим фактором дальнейшего роста урожайности культуры являлись не возможные ошибки в расчетах норм и соотношений применявшихся удобрений, а какие-то другие причины (световой, температурный, водно-воздушный режим и т. д.).

Балансовые коэффициенты использования фосфорных удобрений, которые были внесены в запас на 4 года, заметно возрастали из года в год и в соответствии с уменьшением норм удобрений в 1,5—2 раза уве-

личивались на фонах с более высокой обеспеченностью почвы подвижным фосфором. Ежегодно и в сумме за 4 года (табл. 3) коэффициенты использования фосфорных удобрений снижались с увеличением норм удобрений не только в пределах каждого варианта планируемого уровня урожайности, но и, естественно, с увеличением планируемых уровней урожайности. В сумме за 4 года наиболее близкими к планируемым (на фоне 1 — 100, 2 — 150 и 3 — 200 %) оказались коэффициенты, полученные, как уже указывалось, при использовании норм, рассчитанных на максимальную урожайность.

Результаты табл. 3 свидетельствуют, что в вариантах, где планировалось получение 70 ц сухой массы с 1 га (получено 106—113 ц/га), происходило обеднение почвы азотом, так как азотных удобрений было внесено меньше, чем потреблялось культурой, в 1,33—1,54 раза, а также еще более значительное, но дифференцированное в зависимости от плодородия обеднение почвы фосфором, так как на фоне 1 вынос его культурой превысил норму внесения удобрений в 1,74, на фоне 2 — в 2,55 и на фоне 3 — в 4,18 раза. Таким образом, только на фоне 1 при максимальной норме азотно-фосфорных удобрений (рассчитанной на получение 130 ц сухой массы с 1 га) следует ожидать практически бездефицитного баланса фосфора, т. е. обеспеченность почвы подвижными фосфатами только в этом варианте может остаться неизменной; во всех других вариантах должно быть (судя по суммарным балансовым коэффициентам) более или менее значительное снижение обеспеченности почв фосфатами.

Необходимо подчеркнуть, что в данном опыте калийные удобрения не применялись, так как обеспеченность почвы обменным калием была очень высокой — более 28 мг на 100 г. Однако ежегодный среднегодовой вынос калия с хозяйственными урожаями в контрольных вариантах составил 182—200 кг/га, а при внесении удобрений — 223—260 кг/га. Следовательно, можно ожидать и заметного снижения обеспеченности почвы обменным калием. Насколько наши предположения соответствуют действительности, можно судить по данным анализов почвы после 4 лет опытов.

Но прежде рассмотрим результаты расчетов балансовых коэффициентов использования азотных, фосфорных и калийных удобрений в опыте 2, где изучалась возможность получения 100 ц сухой массы горца забайкальского с 1 га в зависимости от нормы высева семян и режимов эксплуатации посевов (табл. 4). Фактические балансовые коэффициенты использования азотных (план 80 %) и фосфорных (план 100 %) удобрений при ежегодном 2-укосном использовании посевов при всех изучавшихся нормах высева семян оказались значительно выше планируемых, а коэффициенты использования калийных удобрений (план 200 %) — наиболее близкими к планируемым при получении в среднем за 4 года планируемых уровней урожайности (план — 100, фактически — 108—110 ц/га).

Следовательно, внесение калия в высокообеспеченную этим элементом (более 30 мг на 100 г) почву практически не повлияло на урожайность культуры, а более значительный, чем планировалось, вынос азота и фосфора удобрений еще раз свидетельствует, что лимитирующим фактором дальнейшего роста урожайности горца забайкальского оказались не нормы удобрений, рассчитанные с помощью балансовых коэффициентов, а другие обстоятельства.

Минимальные балансовые коэффициенты использования удобрений (табл. 4) были получены при ежегодном 3-укосном использовании посевов при всех испытывавшихся нормах высева семян, т. е. в тех вариантах, где получена минимальная урожайность (64—65 ц/га). При периодическом по годам 2- и 3-укосном использовании посевов урожайность (81—82 ц/га) и фактические балансовые коэффициенты использования удобрений занимали промежуточное положение между этими показателями при ежегодном 2- и 3-укосном использовании независимо от нормы высева семян.

Балансовые коэффициенты использования удобрений (%) при их расчетных нормах в зависимости от числа укосов и норм высева семян

Число укосов	Норма высева семян, кг/га	Азотные (ежегодное внесение)				Среднее за 4 года	Фосфорные (запасное внесение)				Сумма за 4 года	Калийные (ежегодное внесение)				Среднее за 4 года
		1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.		1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.		1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.	
		2—2—2—2	8	85	115		95	129	106	27		34	33	48	142	
	12	83	102	103	144	108	25	30	33	49	137	224	172	214	179	197
	16	89	97	104	101	98	24	35	46	41	146	223	158	215	147	186
	8	56	53	89	77	69	14	15	30	25	84	113	99	164	93	117
3—3—3—3	12	54	60	91	76	70	14	16	23	28	81	123	95	167	102	122
	16	52	61	83	81	69	14	18	27	26	85	123	106	162	97	122
	8	55	89	108	86	84	14	33	33	40	120	112	147	177	108	136
3—2—3—2	12	52	83	101	83	80	16	31	34	35	116	117	147	193	102	140
	16	53	89	96	90	82	14	31	31	36	112	114	127	203	101	136

Таким образом, результаты исследований (табл. 3, 4) показали, что для получения 100 ц абсолютно сухой массы горца забайкальского с 1 га на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья, высоко обеспеченных подвижными формами фосфора и калия, при расчетах норм удобрений в случае их недостатка можно принять следующие балансовые коэффициенты их использования: по азоту — 130—150 %, фосфору — 170—300 %, а калийные удобрения вообще не применять; при достаточном количестве удобрений по азоту — 100—130 %, фосфору — 100—170 и калию — 200 % и более.

Балансовые коэффициенты использования удобрений, как уже подчеркивалось, позволяют без дополнительных расчетов баланса питательных элементов прогнозировать возможные изменения обеспеченности почв питательными элементами. Анализ содержания подвижных форм фосфора в почве после 4 лет исследований с момента закладки опыта показал, что в вариантах без внесения удобрений, несмотря на то что общий вынос фосфора культурой за все годы составил 210—258 кг/га, содержание подвижных его форм практически не изменилось на всех изучавшихся фонах обеспеченности почвы этим элементом (табл. 5). В вариантах с внесением удобрений на фоне 1 (содержание P_2O_5 менее 20 мг на 100 г) оно значительно увеличилось, что соответствует минимальным балансовым коэффициентам использования фосфорных удобрений по годам и в сумме за 4 года (табл. 3) при всех расчетных нормах азотно-фосфорных удобрений. При уменьшении в 1,5—2 раза норм фосфорных удобрений и соответствующем увеличении балансовых коэффициентов в 2 раза и более на фонах 2 и 3 (табл. 3) содержание подвижного фосфора в верхнем (0—20 см) слое почвы, как правило, не изменялось (табл. 4), хотя, судя по фактиче-

Таблица 5
Влияние 4-летнего возделывания горца забайкальского и разных норм удобрений на содержание подвижных форм фосфора и калия в слое почвы (0—20 см)

Планируемая урожайность, ц/га	Фон обеспеченности почвы фосфором	P_2O_5		K_2O	
		1980 г.	1984 г.	1980 г.	1984 г.
		Контроль	1	17,7	18,0
	2	22,9	21,5	31,6	16,4
	3	35,9	32,5	28,8	13,5
70	1	17,1	32,8	29,5	16,8
	2	22,9	28,9	29,7	18,2
	3	41,2	35,9	29,1	15,5
100	1	17,9	31,1	29,8	17,3
	2	23,5	25,6	30,5	21,1
	3	37,4	42,0	30,3	21,2
130	1	17,6	27,6	32,2	18,8
	2	23,0	23,8	28,0	18,8
	3	36,7	33,0	32,6	17,1

ским коэффициентам, должно было уменьшаться. Причиной подобного явления, вероятно, могло быть то обстоятельство, что корни горца забайкальского, проникая в более глубокие слои почвы, потребляли из них питательные элементы, часть которых при опадении нижних листьев в течение вегетации и в период уборки урожая возвращалась в пахотный горизонт, т. е. растения как бы «перекачивали» из нижних слоев почвы в верхние питательные элементы [4]. Другой причиной, видимо, является мобилизация почвенных запасов питательных элементов при внесении сбалансированных норм и соотношений минеральных удобрений, что подтверждает характер изменения обеспеченности пахотного слоя почвы обменным калием.

Из данных табл. 5 видно, что содержание обменного калия в почве уменьшилось, причем в вариантах без удобрений на разных фонах — более значительно, чем в вариантах с расчетными нормами азотно-фосфорных удобрений. В контрольных вариантах за 4 года вынос с урожаями K_2O составил 730—800 кг/га, а при внесении удобрений (без калия) — значительно больше — 930—1040 кг/га.

Для более полной оценки применявшихся норм удобрений ее следовало бы проводить не только по пахотным, но и более глубоким горизонтам почвы [4]. Однако полученные результаты (табл. 5) еще раз подтверждают, что применение рассчитанных с помощью балансовых коэффициентов норм минеральных удобрений позволяет не только получать близкие к планируемым (или более высокие) уровни урожайности, но и одновременно целенаправленно изменять обеспеченность почвы питательными элементами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков Ю. П. Система удобрений в хозяйствах Нечерноземья. — М.: Московский рабочий, 1983. — 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—75. — 3. Жуков Ю. П., Доценко Р. А. Продуктивность горца забайкальского в зависимости от норм удобрений, кратности скашивания и норм высева семян. — Изв. ТСХА, 1988, вып. 1, с. 32—39. — 4. Жуков Ю. П., Филиппов А. Л. Прогнозируемые и фактические изменения агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при использовании расчетных систем удобрений в сочетании с 2,4-Д и ретардантами. — Изв. ТСХА, 1985, вып. 5, с. 68—73.

Статья поступила 30 июня 1988 г.

SUMMARY

The data about consumption of nutrient elements by *Polygonum divaricatum* L. during a year and for 4 years totally depending on the amount of exchangeable phosphorus in the soil, seeding rates, and utilization regime are discussed. Balance coefficients for application of fertilizers are given, changes in agrochemical characteristics of soddy-podzolic soil after 4 year of growing this rather rare fodder crop are estimated.