

УДК 581.1:633.34:581.13

## ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЯМИ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АКТИВНОСТИ СИМБИОЗА

Г. С. ПОСЫПАНОВ, Б. Х. ЖЕРУКОВ

(Кафедра растениеводства)

В условиях предгорной зоны Северного Кавказа при недостаточной влагообеспеченности инокуляция семян и достаточная обеспеченность подвижным фосфором и обменным калием не оказывали влияния на содержание азота в органах растений. В то же время молибден и бор несколько повышали его накопление в органах растений, особенно в семенах. Наибольшее количество азота накапливалось в листьях в фазу цветения, наименьшее — в корнях. Максимальное содержание элементов питания в вегетативных органах сои наблюдалось в фазу образования бобов или полного налива семян. В надземной массе сои больше всего накапливалось азота, меньше — калия и еще меньше — фосфора.

Для регулирования режима минерального питания растений сои и получения высоких урожаев семян за счет биологического азота необходимы данные о динамике потребления элементов питания. Руд ученых [1] отмечают, что, зная динамику потребления элементов питания, можно регулировать процесс обеспечения растений сои элементами минерального питания и грамотно организовать систему удобрений под данную культуру. В зоне Северного Кавказа подобные исследования раньше не проводились. В связи с этим нами была поставлена задача — изучить динамику потребления элементов питания соей в условиях предгорной зоны Северного Кавказа.

### Методика

Исследования проводили с соей сорта Пламя в 1986—1988 гг. на учебно-опытном поле Кабардино-

Балкарского аграрного института. Почва — среднесуглинистый выщелоченный чернозем с нейтральной реакцией среды ( $pH_{\text{сол}} 6,5$ ), содержание гумуса — 3—4 %, легкогидролизуемого азота по Тюрину — 15, подвижного  $P_2O_5$  и обменного калия по Мачигину — соответственно 10,0 и 35,0 мг на 100 г.

Эффективность инокуляции семян и обработки их молибденом, а также применение фосфорно-борных удобрений изучали по схеме: 1 — контроль; 2 — инокуляция семян (и. с.); 3 — и. с. + P (фон); 4 — фон + Mo; 5 — фон + B; 6 — фон + Mo + B + оптимальное орошение. Повторность опыта 4-кратная, площадь делянки 25 м<sup>2</sup>. Агротехника общепринятая. Семена перед посевом инокулировали ризобиями штамма 634. Метеорологические условия вегетационных периодов были сходными и в основном благоприятными для возделывания сои.

Таблица 1

Содержание азота (% АСВ) в органах растений сои в онтогенезе в зависимости от условий выращивания (1987 г.— числитель, 1988 г.— знаменатель)

Фаза развития	Контр-роль	И. с.	И. с.+Р (фон)	Фон+Мо	Фон+В	Фон+Мо+В+опт. орош.
<i>Листья</i>						
1-й тройчатый лист	3,56	3,41	3,80	3,80	3,60	3,70
	3,90	3,80	3,80	3,90	4,00	4,00
Цветение	4,20	3,96	4,30	4,23	4,20	4,65
	4,54	4,72	4,75	4,66	4,71	4,68
Образование бобов	4,06	4,06	3,86	3,76	4,13	4,13
	4,23	3,90	3,76	3,80	3,77	3,88
Полный налив	2,42	2,08	2,09	2,11	2,06	2,11
	2,85	2,85	3,05	3,26	2,75	3,10
Полная спелость (опавшие)	1,65	1,72	1,88	1,63	1,71	2,09
	2,19	2,15	2,13	2,15	2,33	2,37
<i>Стебли</i>						
1-й тройчатый лист	1,28	1,35	1,42	1,81	1,60	1,43
	1,44	1,45	1,48	1,48	1,48	1,58
Цветение	1,61	1,77	1,54	1,92	1,79	1,70
	1,77	1,77	1,99	1,81	1,83	1,81
Образование бобов	1,00	1,00	1,18	1,11	1,26	1,23
	0,95	0,97	1,18	1,17	1,09	1,13
Полный налив семян	0,98	0,92	0,91	0,76	0,76	0,80
	1,77	1,66	1,77	1,91	1,91	1,74
Полная спелость	0,61	0,54	0,53	0,58	0,54	0,56
	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
<i>Корни</i>						
1-й тройчатый лист	1,52	1,49	1,58	1,58	1,48	1,58
	1,44	1,45	1,70	1,50	1,76	1,57
Цветение	1,06	1,16	1,16	1,23	1,17	1,14
	0,99	0,98	0,81	0,82	0,88	1,10
Образование бобов	0,72	0,69	1,07	0,98	0,92	0,84
	0,82	0,86	0,86	0,89	0,89	0,85
Полный налив семян	0,68	0,53	0,67	0,71	0,65	0,67
	0,85	1,56	1,10	1,09	1,10	1,11
Полная спелость	0,58	0,50	0,56	0,75	0,50	0,75
	0,57	0,62	0,62	0,59	0,63	0,85
<i>Клубеньки</i>						
Цветение	—	4,90	4,70	5,00	4,90	4,40
	4,40	5,00	4,90	4,90	5,00	4,50
Образование бобов	—	4,53	4,33	4,35	4,07	4,06
	4,27	4,57	4,22	4,03	4,25	4,09
Полный налив семян	—	3,99	3,93	3,29	4,29	3,51
	5,04	5,14	5,17	5,12	5,18	5,18

Фаза развития	Конт- роль	И. с.	И. с.+P (фон)	Фон+Mo	Фон+V	Фон+Mo+ +V+опт. орош.
<i>Бобы</i>						
Образование бобов	3,13	3,28	3,19	3,16	3,38	3,40
	3,89	3,78	4,37	3,98	4,44	3,55
<i>Створки</i>						
Полный налив семян	1,67	1,65	1,21	1,39	1,72	1,46
	2,22	2,46	2,25	2,27	1,98	2,20
Полная спелость	0,70	0,80	1,09	0,91	0,99	1,17
	0,78	0,85	0,84	0,94	0,90	0,77
<i>Семена</i>						
Полный налив семян	5,89	5,72	6,00	6,24	5,94	5,78
	6,59	6,73	6,85	6,63	6,88	6,63
Полная спелость	5,87	5,98	5,87	6,02	6,04	6,00
	6,90	6,80	6,90	6,52	7,00	6,79

## Результаты

Важнейшим показателем качества продукции растениеводства является накопление в ней азота и зольных элементов, в том числе фосфора и калия [2]. Потребление их в значительной степени зависит от концентрации этих элементов в почве [3], за исключением бобовых культур, в частности сои, которая часть потребности в азоте удовлетворяет за счет симбиотически фиксированного азота воздуха. В наших исследованиях не предусматривалось использование азотных удобрений, поэтому содержание азота в отдельных органах растений сои прямо коррелировало с активностью симбиоза, которая, как известно, определяется условиями выращивания. Благодаря благоприятным погодным условиям в годы проведения экспериментов соя формировала достаточно большой симбиотический аппарат, позволивший обеспечить растения азотом, фиксированным из воздуха.

В надземной массе сои больше всего содержалось азота, меньше —

калия и еще меньше — фосфора (табл. 1). Концентрация элементов питания в вегетативных органах изменялась в онтогенезе. В частности, содержание азота в листьях и стеблях возрастало от всходов до фазы цветения, затем до конца вегетации оно снижалось. Наибольшее количество азота содержалось в листьях — 3,96—4,75 % — в фазу цветения, наименьшее — 0,81—1,23 % — в корнях. Максимальное содержание азота в стеблях — 1,54—1,99 % — отмечено также в фазу цветения.

Клубеньки отличались стабильно высоким содержанием (3,29—5,18 %) азота в течение вегетации. В бобах азота содержалось 3,13—4,44 %. Максимальное его количество в створках приходилось на фазу полного налива семян, а к фазе полной спелости этот показатель снижался: в среднем за 2 года исследований на 5 %. Содержание азота в семенах в фазу полного налива составляло 5,72—6,88 %. К фазе полной спелости оно еще возрастало или оставалось на том же уровне.

Содержание азота в органах растений сои по годам опытов было неодинаковым, что можно объяснить влиянием на этот показатель

метеорологических условий и изучаемых факторов. При этом инокуляция семян и одни фосфорные удобрения не влияли на содержание

Т а б л и ц а 2

Динамика потребления азота, фосфора и калия растениями сои (кг/га) по фазам развития (1987 г.— числитель, 1988 г.— знаменатель)

Фаза развития	Конт- роль	И. с.	И. с.+P (фон)	Фон+Mo	Фон+В	Фон+ +Mo+ +В+ +опт. орш.
<i>Азот</i>						
1-й тройчатый лист	1,9	1,8	2,4	1,9	2,2	1,9
	1,8	1,5	1,8	2,0	2,3	2,2
Цветение	46	52	47	51	49	52
	45	40	46	45	50	57
Образование бобов	143	147	151	157	160	164
	120	116	130	125	132	139
Полный налив семян	173	204	218	226	234	242
	257	260	278	281	283	289
Полная спелость	136	142	152	159	161	176
	155	153	149	161	185	196
<i>Фосфор</i>						
1-й тройчатый лист	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3
	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3
Цветение	10	11	11	11	10	10
	5	5	6	5	6	7
Образование бобов	34	38	41	34	41	41
	16	15	17	16	16	22
Полный налив семян	29	32	33	34	36	38
	32	36	31	37	39	37
Полная спелость	22	22	29	25	25	26
	21	20	21	23	24	24
<i>Калий</i>						
1-й тройчатый лист	1,8	2,4	2,4	2,1	2,3	1,9
	2,0	1,7	1,8	2,2	2,3	2,3
Цветение	52	58	45	50	56	45
	39	35	38	39	42	48
Образование бобов	146	157	149	209	177	170
	102	101	109	110	107	116
Полный налив семян	68	77	76	80	78	95
	157	158	144	169	177	178
Полная спелость	68	68	74	75	73	73
	65	71	76	78	82	99

ние азота в органах. Молибден несколько повышал его количество в стеблях в 1987 г. от фазы 1-го тройчатого листа до фазы цветения.

Бор на фоне инокуляции и фосфорных удобрений способствовал увеличению содержания азота в семенах до конца вегетации. В 1987 и 1988 гг. его концентрация в семенах в фазу полной спелости по сравнению с фоном была соответственно на 0,17 и 0,10 % больше. Максимальный данный показатель (7 %) за годы исследований отмечался также в этом варианте. В благоприятном для симбиоза 1988 г. бор повышал содержание азота в клубеньках в течение ве-

гетации. В менее благоприятном для бобово-ризобияльного симбиоза по влагообеспеченности 1987 г. при орошении на фоне внесения фосфорно-борных удобрений, обработки семян молибденом и инокуляции увеличивалось содержание азота в листьях с фазы цветения до конца вегетации, в стеблях — начиная с фазы 1-го тройчатого листа до фазы образования бобов.

Орошение в 1987 г. несколько повышало содержание азота в створках. В 1988 г. в условиях хорошей естественной влагообеспеченности и активного симбиоза оно не оказало влияния на содержание азота в органах растений сои.

Фосфора, как известно, больше

Таблица 3

Максимальное потребление (числитель) и вынос (знаменатель) элементов питания (кг) 1 т семян сои и соответствующим количеством прочей органической массы. 1987—1988 гг.

Год	Контроль	И. с.	И. с.+P (фон)	Фон+Mo	Фон+В	Фон+Mo+ +В+опт. орш.
<i>Азот</i>						
1987	108	107	104	98	102	93
	85	74	72	69	70	67
1988	142	124	139	112	109	111
	86	73	75	64	71	75
В среднем	116	108	122	105	106	102
	86	74	74	67	71	71
<i>Фосфор</i>						
1987	21	20	19	15	18	16
	13	11	14	10	10	10
1988	18	17	16	15	15	14
	12	10	11	9	9	9
В среднем	19	18	18	15	17	15
	13	11	13	10	10	10
<i>Калий</i>						
1987	91	82	70	90	76	65
	42	35	35	32	31	28
1988	87	75	72	68	68	68
	36	34	37	31	32	38
В среднем	85	76	71	79	72	67
	39	35	36	32	32	33

всего содержится в листьях, меньше — в стеблях и корнях. Содержание фосфора в клубеньках так же, как и азота, было стабильно высоким. В 1987 г. его максимум отмечался в фазу образования бобов, а в 1988 г. — в фазу полного налива семян. Количество фосфора в бобах за 1987—1988 гг. было на уровне 0,45—0,85 %. Концентрация фосфора в семенах повышалась до конца вегетации. Инокуляция семян и орошение на фоне минерального питания и инокуляции снижали содержание фосфора в семенах. Фосфорные удобрения на фоне инокуляции несколько повышали этот показатель. Молибден и бор не оказывали влияния на содержание фосфора в семенах.

Максимальное содержание калия в листьях отмечено в фазу 1-го тройчатого листа, далее этот показатель снижался до конца вегетации. Содержание калия в стеблях возрастало до фазы цветения, после чего оно убывало. Максимальное количество калия во всех органах сои (2,57—5,53 %) отмечали в бобах в фазу их образования.

Изучаемые агротехнические приемы по-разному влияли на содержание данного элемента в семенах. Так, инокуляция, фосфорные удобрения и орошение на фоне инокуляции способствовали повышению содержания калия в семенах в фазу полной спелости — соответственно на 0,36; 0,34; 0,34 %.

Следует указать, что наибольшее содержание азота и фосфора отмечалось в листьях, меньше — в корнях и стеблях. Калия больше всего содержалось в бобах.

Потребление растениями сои азота, фосфора и калия зависело от содержания этих элементов в органах растений и накопления ими сухого вещества. Максимальное накопление элементов питания в

вегетативных органах сои наблюдалось в фазу образования бобов или полного налива семян (табл. 2) в зависимости от складывающихся погодных условий, после чего их потребление падало и весь поступающий извне азот шел на создание репродуктивных органов. Кроме того, начиная с указанных фаз происходила реутилизация азота вегетативных органов генеративными.

Условия минерального питания на фоне инокуляции семян оказывали влияние на накопление азота листьями. Орошение на фоне внесения минеральных удобрений и инокуляции семян способствовало повышению его накопления в листьях за счет увеличения массы последних.

В 1988 г. внесение фосфорных, борных удобрений и молибдена на фоне инокуляции повышало накопление азота в корнях. Несущественным было влияние этих факторов на накопление данного элемента в стеблях. Семена накапливали азот до фазы полного налива.

В 1987 г. во 2-м варианте (и. с.) к фазе полного налива семян азота во всех органах накопилось на 31 кг больше, чем в контроле. Одни фосфорные удобрения (3-й вариант — и. с. + P) повышали максимальное накопление азота всеми органами в среднем за два года на 6 % по сравнению с уровнем во 2-м варианте (ин. с.); борные удобрения, молибден и орошение на фоне инокуляции — соответственно на 2, 4, 7 % по сравнению с 3-м вариантом.

Период максимального потребления фосфора и калия совпадал с периодом максимального потребления азота, т. е. в фазы образования бобов — полного налива семян. Калия больше всего накапливалось в генеративных органах. На накопление калия в семенах наи-

большее влияние оказывало орошение. Так, в 1988 г. в 6-м варианте (фон + Mo + B + опт. орош.) калия в семенах было накоплено на 20 кг больше, чем в 4-м варианте (фон + Mo).

Из изложенного выше следует, что в вегетативных органах наибольшее количество азота, фосфора и калия накапливается в листьях, в репродуктивных — в семенах. Для правильного определения доз минеральных удобрений на планируемый урожай очень важным критерием является уровень максимального потребления элементов питания и их вынос урожаем. Последние по-разному реагировали на изучаемые агроприемы (табл. 3), но при этом сохранялась следующая тенденция: значения показателей убывали в порядке улучшения условий минерального питания и орошения на фоне инокуляции.

### Выводы

1. В надземной массе сои больше всего накапливалось азота,

меньше — калия и еще меньше — фосфора.

2. Наибольшее количество азота содержалось в листьях (3,96—4,75 %) в фазу цветения, наименьшее (0,81—1,23 %) — в корнях.

3. Максимальное накопление элементов питания в вегетативных органах сои наблюдалось в фазу образования бобов или полного налива семян.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов П. П., Посыпанов Г. С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. М.: Россельхозиздат, 1983.— 2. Петухов Г. Д. Влияние агротехнических приемов на активность симбиоза и формирование урожая семян вики посевной в условиях Северного Зауралья.— Автореф. канд. дис. М., 1988.— 3. Жеруков Б. Х. Симбиотическая фиксация азота, урожайность и белковая продуктивность сои в зависимости от условий выращивания в условиях предгорной зоны Северного Кавказа.— Автореф. канд. дис., М., 1989.

*Статья поступила 3 марта 1992 г.*

### SUMMARY

In foothills of North Caucasus with deficient water supply, inoculation of seed and adequate supply of mobile phosphorus and exchange potassium did not influence the amount of nitrogen in plant organs. At the same time, molybdenum and boron slightly increased its accumulation in plant organs, especially in seed. The highest amount of nitrogen was accumulated in leaves in blooming stage, the lowest — in roots. The maximum content of nutrient elements in vegetative organs of soya was found in the phase of bean formation or full seed filling. In the above-ground mass of soya the content of nitrogen was the highest, that of potassium was lower, and the content of phosphorus — still lower.