

УДК 633.558:631.811.095.337

## ВЛИЯНИЕ МОЛИБДЕНА НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ГОРОХОМ

И. С. ШАТИЛОВ, С. И. БЕБИН, В. Г. СКВОРЦОВ  
(Кафедра растениеводства)

Детальное изучение вопросов потребления элементов минерального питания в связи с биологическими особенностями культуры позволяет, во-первых, определить количественную потребность растений в питательных веществах и, во-вторых, установить оптимальные сроки ее удовлетворения [1, 2, 10, 11, 12]. Для бобовых культур, в том числе и гороха, потребление элементов минерального питания необходимо изучать на фоне высокой симбиотической фиксации азота атмосферы и с учетом факторов, активизирующих этот уникальный и весьма важный физиологический процесс [3, 6, 7, 9].

Вопросы потребления основных элементов минерального питания горохом разработаны еще явно недостаточно [4, 5, 7, 9]. Имеющиеся данные в основном относятся к выносу элементов питания урожаем. В задачу наших исследований входило изучить в динамике потребление основных элементов минерального питания горохом в зависимости от применения молибдена, который активизирует симбиотическую фиксацию азота атмосферы.

### Условия и методика проведения исследований

Экспериментальная работа выполнена на Опытной станции полеводства и льноводства ТСХА. Полевые опыты были проведены в 1970—1971 гг., а биохимические исследования — в 1971—1973 гг.

Почва опытного участка мощнодерновая, среднеподзолистая, по механическому составу — легкий песчано-крупнопылеватый суглинок. Глубина пахотного слоя 22—25 см. Содержание гумуса по Тюрину 2,2—2,4%; легкогидролизуемого азота по Тюрину и Кононовой — 6,4—8,1 мг;  $P_2O_5$  по Кирсанову — 25,3—35,0 мг,  $K_2O$  по Масловой — 10,9—15,8 мг на 100 г почвы; подвижного молибдена — 0,16—0,26 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы;  $pH_{КС}$  — 5,0—5,6; сумма поглощенных оснований — 7,9—10,1 мг-экв на 100 г почвы.

Опыты были проведены в системе экспериментальных севооборотов, освоенных 25 лет назад. Объектом изучения служил горох сорта Немчиновский 766. Площадь учетной делянки 95—110 м<sup>2</sup>, повторность 2-кратная. Горох размещали в двух пятипольных и восьмипольном севооборотах по кукурузе, картофелю и озимой ржи в следующих вариантах: 1 — контроль, 2 — молибден.

Посев производили узкорядным способом, норма посева 1,2 млн. всхожих семян на 1 га. В качестве поддерживающей культуры использовали горчицу белую при норме посева 0,3 млн. всхожих семян на 1 га. Ежегодно под горох вносили фосфорно-калийные удобрения из расчета  $P_2O_5$  — 50,  $K_2O$  — 50 кг д. в. на 1 га. В вариантах с молибденом

(25 г молибдена) семена гороха перед посевом равномерно смачивали раствором молибденовокислого аммония из расчета 50 г микроудобрения (50%), растворенного в 4 л воды, а в контроле — соответствующим объемом чистой воды на 1 ц семян. Перед посевом семенной ящик сеялки тщательно промывали теплой водой, посев начинали с контрольных вариантов.

Анализ растений проведены в 2-кратной повторности в каждом варианте со всех повторений опыта. Растительные пробы брали по органам — вегетативным и репродуктивным — и по фазам развития гороха — всходы, бутонизация, цветение, плодообразование, созревание и полная спелость семян.

После сжигания одной навески в  $H_2SO_4$  определяли общий азот по Кудеярову, фосфор — по Кирсанову с использованием фотоколориметра ФЭК-М, калий — на пламенном фотометре, кальций и магний — методом трилонометрии.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения опытов (1970—1971) различались между собой и отличались от среднесноголетних. 1970 год характеризовался недостаточным количеством (на 36,3 мм меньше нормы) и неравномерным распределением осадков, температура воздуха, наоборот, оказалась выше среднесноголетней на  $1,5^\circ$ . В вегетационный период 1971 г. количество осадков приближалось к норме, а температура воздуха была выше нормы на  $0,4^\circ$ .

### Формирование симбиотического аппарата

Количество и масса клубеньков на корнях гороха и их физиологическое состояние в известной мере характеризуют продуктивность и продолжительность симбиотической фиксации. В наших исследованиях выяснению данного вопроса способствовало то, что во всех вариантах под горох не вносили больших количеств азотных удобрений, подавляющих симбиоз бобовых, и нодуляция растений в годы исследований была стопроцентной. Длительное возделывание и периодическое чередование гороха в системе севооборотов способствовали накоплению в почве вирулентных и активных спонтанных клубеньковых бактерий, что было выявлено перед закладкой опыта.

Образование и рост клубеньков на корнях гороха в контрольных вариантах опыта наблюдались спустя 6—8 дней после всходов, а в варианте с применением молибдена — при их появлении. Симбиотический аппарат изучали в фазу цветения, т. е. в то время, когда, по утверждению большинства исследователей, у гороха полностью сформирован бобоворизобиальный аппарат и наблюдается интенсивная симбиотическая азотфиксация.

В оба года исследований количество клубеньков различалось по вариантам опыта, но почти все клубеньки были крупными, имели интенсивную розовую окраску и располагались в основном на главном и боковых корнях первого и второго порядков. В вариантах с применением молибдена клубеньки формировались не одиночно, а в виде гроздевидных колоний.

Как видно из табл. 1, молибден оказал существенное влияние на количество образовавшихся клубеньков и их массу. В среднем за 3 года исследований под его влиянием количество клубеньков на корнях 1 растения по всем предшественникам увеличилось на 28—42 шт., т. е. на 44,0%. Наряду с этим под влиянием молибдена масса клубеньков на 1 растение в среднем повысилась на 68,0—101,6%.

Количество и масса клубеньков на корнях гороха были неодинаковыми по годам. Больше всего их сформировалось в 1971 г., когда условия особенно благоприятствовали образованию и росту клубень-

Количество (шт.) и масса клубеньков (мг) на корнях гороха  
в среднем на 1 растение

Предшественник	1970 г.	1971 г.	1972 г.	В среднем за 3 года	Увеличение от молибдена, %
Количество клубеньков					
Кукуруза	86,5	107,4	93,0	95,6	—
	<u>105,4</u>	<u>160,7</u>	<u>118,9</u>	<u>126,3</u>	<u>32,1</u>
Картофель	48,4	74,9	56,5	60,0	—
	<u>83,6</u>	<u>109,8</u>	<u>81,3</u>	<u>91,6</u>	<u>52,9</u>
Оз. рожь	78,0	106,0	88,7	90,8	—
	<u>126,4</u>	<u>159,7</u>	<u>112,4</u>	<u>132,8</u>	<u>46,0</u>
Масса клубеньков					
Кукуруза	713,6	827,0	530,1	690,2	—
	<u>1096,2</u>	<u>1574,9</u>	<u>808,5</u>	<u>1159,9</u>	<u>68,0</u>
Картофель	334,0	479,4	266,0	359,6	—
	<u>654,1</u>	<u>845,5</u>	<u>471,5</u>	<u>657,0</u>	<u>82,7</u>
Оз. рожь	616,2	699,6	461,2	592,3	—
	<u>1276,6</u>	<u>1565,1</u>	<u>741,8</u>	<u>1194,5</u>	<u>101,6</u>

Примечание. Здесь и в табл. 2—5 в числителе — контроль; в знаменателе — варианты с молибденом.

ков. От всходов до цветения выпало достаточное количество осадков и они равномерно распределялись во времени. Влажность почвы в этот период составляла 55—65% ППВ, а температура почвы была 21—24°. Менее благоприятно условия для симбиоза сложились в 1970 и 1972 гг., в результате чего в 1970 г. клубеньков на корнях гороха образовалось в среднем на 27%, а в 1972 г. — на 15,4% меньше, чем в 1971 г.

Из-за более высокой плотности почвы под горохом при размещении его по картофелю (1,4—1,5 г/см<sup>3</sup>) здесь были хуже аэрация и снабжение кислородом воздуха аэробных клубеньковых бактерий, а вследствие этого ниже активность симбиоза.

Большинство исследователей, изучавших симбиотическую фиксацию азота бобовых культурами, склонны считать, что содержание азота в разных органах этих растений может характеризовать в известной мере интенсивность и продуктивность фиксации азота атмосферы при бобоворизобальном симбиозе.

### Содержание элементов питания в органах гороха

Азот. Содержание этого элемента в вегетативных органах гороха было в среднем в 2 раза больше, чем калия и кальция, и почти в 4 раза больше, чем фосфора и магния. Максимум его наблюдался в фазу цветения (табл. 2), т. е. в тот период, когда, по данным многочисленных исследований, у гороха наиболее интенсивно идет симбиотическая азотфиксация.

После цветения содержание азота в растениях уменьшалось. Это связано с тем, что у гороха наряду с формированием плодовых органов продолжается вегетативный рост и увеличение биомассы, в результате чего накопление органической массы опережает поступление азота в растение. В период налив — созревание семян вследствие прекращения симбиотической фиксации азота наблюдается снижение содержания азота в листьях и стеблях и увеличение его в формирующихся пло-

Содержание азота в растениях (% на абсолютно сухое вещество),  
в среднем за 1970—1971 гг.

Предшественник	Всходы	Бутони- зация	Цветение	Плодообра- зование	Созрева- ние	Полная спе- лость семян
Листья						
Кукуруза	4,38	3,27	3,38	3,21	2,26	2,15
	4,39	3,72	3,98	3,61	2,37	2,26
Картофель	4,45	3,26	3,30	3,11	2,22	1,97
	4,48	3,58	3,89	3,53	2,33	2,27
Оз. рожь	4,40	3,20	3,27	3,04	2,10	2,06
	4,39	3,50	3,96	3,50	2,27	2,27
Стебли						
Кукуруза	3,20	2,20	1,98	1,28	0,72	0,72
	3,19	2,28	2,00	1,40	0,92	0,82
Картофель	3,26	2,20	1,94	1,27	0,76	0,69
	3,24	2,20	2,02	1,37	0,84	0,80
Оз. рожь	3,17	1,96	1,95	1,24	0,76	0,72
	3,21	2,14	1,98	1,55	0,83	0,80
Бутоны, цветки, бобы						
Кукуруза	—	4,08	4,19	4,26	4,24	3,68
	—	4,18	4,26	4,45	4,55	4,06
Картофель	—	3,98	4,12	4,10	4,16	3,66
	—	4,17	4,19	4,20	4,60	3,90
Оз. рожь	—	4,01	4,08	4,12	4,19	3,46
	—	4,19	4,22	4,37	4,57	4,00
Корни						
Кукуруза	4,22	3,17	3,49	2,70	2,06	1,86
	4,19	3,59	3,75	2,88	2,32	2,19
Картофель	4,25	3,08	3,28	2,62	1,98	1,84
	4,26	3,49	3,64	2,80	2,24	2,19
Оз. рожь	4,21	3,06	3,42	2,66	1,98	1,78
	4,23	3,49	3,71	2,96	2,32	2,09

дах, что можно объяснить перемещением этого элемента из вегетативных органов в репродуктивные.

**Фосфор.** При симбиотическом усвоении азота отмечается более высокое поступление и большее участие фосфора в обмене веществ. Характерной особенностью гороха является высокая усвояемость фосфора из труднодоступных соединений, содержащихся в почве. Все это определяет своеобразие динамики содержания и распределения данного элемента по органам в онтогенезе растений.

В вегетативных органах (листья и стебли) наивысшее содержание фосфора отмечается в фазу всходов, несколько меньшее — в фазу бутонизации, затем оно увеличивается в фазу плодообразования и вновь снижается к концу вегетации. В плодоносящих органах динамика содержания фосфора иная, этот показатель интенсивно возрастает от фазы бутонизации к фазе цветения и постепенно снижается к созреванию семян; в корнях — постепенно уменьшается от фазы всходов до окончания вегетации (табл. 3).

Наибольшее содержание фосфора отмечалось в фазу всходов в листьях (1,52—1,61%) и стеблях (1,10—1,21%). В другие периоды разви-

Содержание фосфора и калия в растениях (% на абсолютно сухое вещество)  
в среднем за 1970—1971 гг.

Предшественник	Всходы		Бутониза- ция		Цветение		Плодообра- зование		Созревание		Полная спелость	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Листья												
Кукуруза	1,59	1,76	0,25	1,20	0,56	1,47	0,72	0,84	0,49	0,40	0,40	0,39
	1,55	1,75	0,32	1,26	0,57	1,50	0,74	0,82	0,52	0,43	0,42	0,42
Картофель	1,55	1,78	0,26	1,36	0,68	1,60	0,73	0,84	0,50	0,41	0,37	0,43
	1,55	1,76	0,27	1,37	0,55	1,60	0,73	0,84	0,52	0,42	0,38	0,39
Оз. рожь	1,56	1,80	0,28	1,50	0,65	1,57	0,69	0,85	0,49	0,39	0,36	0,38
	1,53	1,78	0,32	1,47	0,68	1,61	0,70	0,84	0,47	0,48	0,35	0,48
Стебли												
Кукуруза	1,18	2,05	0,30	2,09	0,30	1,62	0,55	0,83	0,28	0,76	0,23	0,59
	1,14	2,10	0,30	2,23	0,35	1,64	0,54	0,82	0,30	0,80	0,21	0,65
Картофель	1,16	2,25	0,29	2,44	0,37	1,75	0,51	0,85	0,29	0,71	0,24	0,71
	1,22	2,26	0,33	2,27	0,39	1,78	0,56	0,88	0,31	0,72	0,27	0,69
Оз. рожь	1,15	2,14	0,28	2,32	0,34	1,67	0,50	0,86	0,25	0,87	0,27	0,77
	1,17	2,19	0,25	2,28	0,36	1,67	0,55	0,85	0,32	0,86	0,28	0,82
Бутоны, цветки, бобы												
Кукуруза	—	—	0,30	1,89	1,40	1,38	1,28	1,12	0,85	0,96	0,86	1,04
	—	—	0,31	1,87	1,43	1,37	1,29	1,18	0,86	1,00	0,85	1,04
Картофель	—	—	0,28	1,84	1,39	1,35	1,27	1,14	0,81	1,01	0,87	1,09
	—	—	0,30	1,89	1,43	1,38	1,25	1,18	0,80	0,93	0,93	1,05
Оз. рожь	—	—	0,27	1,87	1,40	1,38	1,17	1,16	0,80	0,97	0,90	1,02
	—	—	0,30	1,87	1,41	1,38	1,22	1,10	0,84	1,02	0,93	0,98
Корни												
Кукуруза	1,22	2,03	0,71	1,90	0,67	1,51	0,59	1,62	0,49	1,18	0,37	1,01
	1,24	1,93	0,70	1,94	0,70	1,48	0,61	1,60	0,52	1,18	0,36	1,04
Картофель	1,21	2,14	0,72	2,02	0,75	1,71	0,59	1,74	0,54	1,28	0,39	1,06
	1,28	2,13	0,72	2,02	0,71	1,79	0,60	1,76	0,49	1,36	0,37	1,06
Оз. рожь	1,30	2,15	0,70	1,81	0,68	1,54	0,67	1,59	0,54	1,14	0,38	0,96
	1,32	2,20	0,71	1,86	0,71	1,54	0,64	1,64	0,53	1,17	0,35	0,97

тия гороха оно было меньше в 2,5—4 раза. К концу вегетации наиболее богаты фосфором формирующиеся плоды (1,40%).

**К а л и й.** Содержание калия в растениях и отдельных их органах в период максимального потребления ими элементов питания примерно в 2 раза выше, чем фосфора, и в 2,5 раза ниже, чем азота. В течение вегетации мы не наблюдали заметных различий в распределении калия по органам в отличие от азота и фосфора. Отмечено более плавное уменьшение содержания калия в растении по мере его старения (табл. 3). Такая особенность потребления калия горохом объясняется физиологической ролью этого элемента в обмене веществ растений. Калий не входит в состав органических соединений, но его всегда больше в тех органах и тканях, где сохраняется высокий уровень углеводного обмена и происходит интенсивное деление клеток.

**К а л ь ц и й.** В отличие от содержания азота, фосфора и калия содержание кальция в листьях и стеблях по мере старения растения увеличивается. В конце вегетации в листьях оно было в 2,5—3,0 раза выше, чем в начальный период роста. В плодоносящих органах и корнях

Содержание кальция и магния в растениях (% на абсолютно сухое вещество)  
в среднем за 1970—1971 гг.

Предшественник	Всходы		Бутонизация		Цветение		Плодообразование		Созревание		Полная спелость	
	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO	CaO	MgO
Листья												
Кукуруза	1,04	0,54	1,61	0,59	2,03	0,95	2,28	0,75	2,82	0,50	3,08	0,48
	1,07	0,51	1,65	0,66	2,16	0,98	2,22	0,78	2,80	0,55	3,08	0,50
Картофель	1,09	0,50	1,82	0,66	2,17	0,89	2,32	0,77	2,97	0,53	3,13	0,46
	1,05	0,54	1,72	0,63	2,24	0,95	2,32	0,81	2,84	0,61	3,28	0,47
Оз. рожь	1,07	0,59	1,62	0,66	2,02	0,88	2,28	0,77	2,58	0,47	2,92	0,47
	1,08	0,59	1,65	0,61	2,14	0,97	2,18	0,78	2,86	0,58	3,09	0,46
Стебли												
Кукуруза	1,26	0,41	1,27	0,34	1,28	0,36	1,48	0,31	1,78	0,22	1,27	0,22
	1,24	0,41	1,21	0,37	1,28	0,36	1,54	0,29	1,76	0,22	1,43	0,24
Картофель	1,31	0,45	1,30	0,38	1,28	0,34	1,46	0,28	1,59	0,25	1,37	0,24
	1,34	0,42	1,33	0,37	1,64	0,39	1,69	0,32	1,67	0,27	1,37	0,29
Оз. рожь	1,27	0,47	1,14	0,39	1,19	0,33	1,55	0,27	1,71	0,23	1,50	0,28
	1,26	0,50	1,20	0,43	1,18	0,37	1,59	0,28	1,67	0,25	1,40	0,28
Бутоны, цветки, бобы												
Кукуруза	—	—	0,80	0,58	1,27	0,43	1,62	0,37	1,42	0,36	1,27	0,40
	—	—	0,81	0,57	1,30	0,46	1,59	0,40	1,43	0,41	1,26	0,40
Картофель	—	—	0,78	0,53	1,41	0,41	1,66	0,37	1,35	0,36	1,30	0,41
	—	—	0,78	0,58	1,40	0,46	1,60	0,38	1,37	0,42	1,25	0,40
Оз. рожь	—	—	0,76	0,52	1,33	0,41	1,71	0,37	1,30	0,41	1,21	0,44
	—	—	0,72	0,49	1,35	0,44	1,71	0,38	1,32	0,44	1,29	0,45
Корни												
Кукуруза	1,05	0,60	1,20	0,72	1,40	0,80	1,55	0,61	1,40	0,44	1,18	0,38
	1,11	0,67	1,42	0,68	1,38	0,72	1,55	0,65	1,37	0,44	1,19	0,37
Картофель	1,11	0,57	1,38	0,70	1,33	0,70	1,63	0,67	1,43	0,48	1,22	0,42
	1,02	0,55	1,34	0,67	1,40	0,72	1,62	0,61	1,45	0,45	1,26	0,40
Оз. рожь	1,10	0,68	1,26	0,66	1,35	0,69	1,60	0,64	1,43	0,43	1,18	0,38
	1,10	0,68	1,27	0,65	1,34	0,79	1,62	0,62	1,39	0,47	1,22	0,36

гороха содержание кальция увеличивается, достигая максимума в фазу плодообразования, а затем несколько снижается (табл. 4).

Повышенное содержание кальция в листьях и стеблях перед уборкой объясняется прежде всего онтогенетическим старением организма.

**Магний.** Содержание магния возрастает от ранних фаз до фазы цветения как в целом растении, так и в отдельных органах (табл. 4). В листьях магния всегда больше, чем в стеблях. Максимальное его содержание в репродуктивных органах наблюдается в бутонах и цветках (табл. 4). В растущих плодах оно заметно снижается, а в созревших — вновь значительно увеличивается. Снижение содержания магния, как и других элементов питания, в формирующихся бобах, по-видимому, связано с тем, что прирост органической массы плодов опережает поступление этого элемента.

#### Потребление основных элементов минерального питания

Потребление горохом азота и кальция в течение вегетации, как правило, в 3—6 раз выше потребления калия, фосфора и магния. Это

наблюдалось как в вариантах с молибденом, так и без него (табл. 5).

Азот поступает в растения в течение продолжительного периода — от всходов до созревания семян в бобах. Наиболее энергично он потребляется (50—53% от общего потребления) в межфазный период бутонизация — плодообразование, что связано с интенсивной симбиотической фиксацией азота воздуха в это время. Основное количество фосфора (70—75%) поступает в растения в короткий период — с фазы цветения и до созревания семян. Калий в отличие от фосфора наиболее интенсивно потребляется в ранние фазы роста и развития. Уже к началу цветения в биомассе гороха наблюдается его максимум. Потреб-

Т а б л и ц а 5

Потребление основных элементов минерального питания растениями гороха  
(кг/га)  
з среднем за 1970—1971 гг.

Предшественник	Всходы	Бутонизация	Цветение	Плодообразование	Созревание	Полная спелость семян
Азот						
Кукуруза	15,4	84,2	142,0	167,6	219,3	194,2
	17,4	134,7	182,5	207,6	263,4	248,4
Картофель	17,4	84,9	124,6	145,5	192,7	173,3
	17,6	109,7	157,1	178,6	234,4	215,1
Оз. рожь	16,5	92,1	129,3	154,6	203,7	181,4
	18,1	126,1	179,7	218,2	257,1	232,9
Фосфор						
Кукуруза	5,5	11,4	24,4	45,8	45,1	44,3
	6,1	16,0	33,5	54,6	54,2	49,1
Картофель	5,7	11,3	28,4	40,6	41,6	36,6
	5,9	13,1	27,9	48,3	46,4	42,6
Оз. рожь	5,6	12,3	28,8	44,2	43,3	38,0
	6,2	14,4	34,9	50,0	49,3	42,2
Калий						
Кукуруза	7,6	48,9	71,0	63,3	68,4	64,8
	8,4	66,0	85,3	72,8	80,4	75,8
Картофель	7,7	50,3	71,9	57,8	65,5	60,5
	8,6	58,0	80,3	74,5	75,3	71,8
Оз. рожь	7,9	50,5	77,1	65,0	70,0	64,0
	9,1	62,0	86,5	82,7	83,6	76,4
Кальций						
Кукуруза	4,3	44,8	74,9	106,5	152,5	131,2
	4,7	59,5	93,5	130,0	175,4	159,8
Картофель	4,7	45,1	73,5	94,5	143,3	122,7
	4,6	53,3	82,4	115,9	156,4	140,0
Оз. рожь	4,7	45,1	71,4	108,4	142,1	128,2
	4,8	53,8	88,9	129,9	171,4	159,2
Магний						
Кукуруза	2,3	18,7	33,8	32,3	34,5	32,8
	2,7	27,7	42,4	43,3	42,1	37,5
Картофель	2,3	18,1	31,1	32,4	33,8	32,3
	2,5	20,4	38,6	38,9	36,6	33,4
Оз. рожь	2,7	19,2	32,7	34,5	34,3	31,5
	2,7	23,8	41,8	41,3	45,2	39,0

ление кальция идет более равномерно в течение всего периода вегетации гороха: половина необходимого количества кальция поступает в растения до цветения и столько же — в репродуктивный период. Динамика потребления магния аналогична динамике азота.

Под влиянием молибдена накопление элементов минерального питания у гороха увеличивалось. Лучшая обеспеченность растений молибденом способствовала повышению потребления азота и магния в среднем за 2 года на 21%, фосфора — на 18%, калия и кальция — на 14%. Влияние молибдена, как было ранее отмечено, проявляется в формировании большей листовой поверхности и повышении накопления сухой биомассы, а в связи с этим и в большем потреблении питательных веществ. Это служит подтверждением того, что накопление элементов минерального питания у гороха по фазам развития в основном следует за ходом накопления растительной массы, и указывает на несомненное взаимодействие этих двух важных в жизни растений физиологических процессов.

Максимальное потребление азота и кальция горохом в годы исследований отмечалось в фазу массового созревания семян, фосфора — плодообразования, калия — цветения. Поступление элементов питания после этого практически заканчивается и в дальнейшем происходит их перемещение в основном из вегетативных в репродуктивные органы, исключение из этого правила составляет только один элемент минерального питания — кальций.

#### Максимальное потребление и вынос основных элементов минерального питания 1 ц семян

При определении доз минеральных удобрений для получения запланированного урожая важными показателями являются максимальное потребление элементов питания и их вынос единицей товарной части урожая с соответствующей побочной продукцией.

Сравнение максимального потребления и выноса питательных веществ 1 ц семян и соответствующей побочной продукцией гороха показало, что максимальное потребление азота превосходит вынос его с урожаем на 32,7—37,0%, фосфора — на 34,0—39,7, калия — на 66,3—70,0, кальция — на 32,4—37,8 и магния — на 50,7—58,5%. Максимальное потребление дает более правильное представление о количестве элементов минерального питания, участвующих в создании урожая то-

Т а б л и ц а 6

Максимальное потребление (числитель) и вынос (знаменатель) элементов минерального питания 1 ц семян гороха и соответствующим количеством надземной массы (кг) в среднем за 1970—1971 гг.

Предшественник	Вариант опыта	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Кукуруза	Контроль	10,4	2,2	3,4	7,4	1,6
		7,7	1,7	2,1	5,4	1,1
	Молибден	11,2	2,3	3,6	7,5	1,8
		8,7	1,7	2,2	5,6	1,2
Картофель	Контроль	10,7	2,3	4,0	8,0	1,8
		7,8	1,8	2,2	5,6	1,3
	Молибден	11,6	2,4	4,0	7,8	2,0
		8,8	1,8	2,3	5,6	1,2
Оз. рожь	Контроль	11,1	2,4	3,9	7,9	2,0
		7,6	1,7	2,5	5,9	1,3
	Молибден	12,2	2,5	3,9	8,1	2,1
		8,8	1,7	2,4	6,3	1,4

го или иного уровня. Поэтому при определении доз удобрений на заданный урожай необходимо вести расчет не по выносу, а по максимальному потреблению основных элементов минерального питания.

Молибден оказал специфическое действие на потребление и вынос только азота: эти показатели на 1 ц семян гороха увеличились на 10%. Повышение содержания азота во всей биомассе, а также потребления и выноса его растениями в вариантах с молибденом обуславливалось не столько большим поступлением азота из почвы, сколько более интенсивной симбиотической азотфиксацией. Данные, полученные по другим элементам питания, не позволят сделать достоверного вывода о влиянии молибдена на максимальное потребление и вынос их единицей товарной части урожая и побочной продукцией.

### Выводы

1. Предпосевная обработка семян гороха молибденом повышала симбиотическую азотфиксацию. Под влиянием молибдена количество клубеньков на корнях гороха возрастало в среднем на 44,0% при одновременном увеличении массы клубеньков. Наглядным доказательством улучшения азотфиксации под влиянием молибдена является более высокое содержание азота во всех частях растений.

2. Темпы потребления элементов питания горохом в отдельные фазы роста и развития растений значительно различались. Максимум потребления отдельных основных питательных веществ приходился на разные фазы развития гороха и ни у одного из элементов питания не совпадал с конечной фазой — полным созреванием семян гороха. Максимальное потребление превосходило вынос элементов минерального питания, что необходимо учитывать при определении доз удобрений на заданный урожай.

3. Под влиянием молибдена потребление азота увеличивалось в основном за счет симбиотической фиксации в среднем на 1,0 кг на каждый центнер семян гороха, потребление других изученных нами элементов питания существенно не изменялось. На создание 1 ц семян и соответствующее количество надземной массы растения потребляли азота 11,4 кг, фосфора — 2,2, калия — 3,4, кальция — 7,4 и магния — 1,8 кг.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин Н. С. Научные основы применения удобрений. М., «Колос», 1972. — 2. Афендулов К. П., Лантухова А. И. Удобрения под планируемый урожай. М., «Колос», 1973. — 3. Буркин И. А. Физиологическая роль и сельскохозяйственное значение молибдена. М., «Наука», 1968. — 4. Гуревич С. М., Боронина И. И. Поступление питательных веществ в растения гороха и вынос их урожаями в зависимости от уровня питания. «Агрохимия», 1964, № 7, с. 53—63. — 5. Иванов П., Рашковский Е. Некоторые особенности азотного питания гороха на темно-каштановых почвах. В сб.: Биологическая фиксация азота атмосферы горохом. М., «Колос», 1969, с. 27—42. — 6. Ивченко В. И., Печура А. П., Жмурко Н. Г. Азотный обмен у растений под влиянием молибдена. В сб.: Проблемы азота и урожай на Полесье. 1967, с. 240—244. — 7. Кузнецова З. А. Влия-

ние удобрений на химический состав и вынос элементов питания урожаем гороха. «Агрохимия», 1967, № 4, с. 45—49. — 8. Пейве Я. В. Микроэлементы и биологическая фиксация атмосферного азота. М., «Наука», 1971. — 9. Петербургский А. В., Антонова З. П. Влияние молибдена и меди на урожай бобовых культур и поглощение ими питательных веществ. «Изв. ТСХА», 1969, вып. 5, с. 103—112. — 10. Сабинин Д. А. Избр. труды по минеральному питанию растений. М., «Наука», 1971. — 11. Чухнин Ю. А. Взаимосвязь уровня питания, влагообеспеченности и густоты стеблестоя как факторов, определяющих продуктивность посевов гороха. Науч. тр. ВАСХНИЛ, М., «Колос», 1975, с. 288—292. — 12. Шатилов И. С. Принципы программирования урожайности. Науч. тр. ВАСХНИЛ, М., «Колос», 1975, с. 7—17.

Статья поступила 2 марта 1978 г.