

УДК 631.811.4'6:547.965

## МЕТАБОЛИЗМ АМИНОКИСЛОТ В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ МОЛОДЫХ РАСТЕНИЙ ФАСОЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СООТНОШЕНИЯ МАГНИЯ И КАЛЬЦИЯ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

М. Н. КОНДРАТЬЕВ

(Кафедра физиологии растений)

Исследование азотного обмена у сельскохозяйственных растений в условиях интенсивного применения азотных удобрений представляется чрезвычайно важным и необходимым. Д. Н. Прянишниковым и его учениками [18] раскрыта важная роль обеспеченности растений углеводами, рН среды, соотношения одно- и двухвалентных катионов в ассимиляции поглощенных корневой системой неорганических соединений азота. Опыты с горохом показали, что видовые особенности растений играют существенную роль в образовании органических азотистых соединений и что соли кальция имеют большое значение в создании благоприятных условий для образования аспарагина из углеводов и поглощенного аммиака [17].

Изучение влияния соотношения между калием и кальцием в питательном растворе на азотный метаболизм проростков кукурузы и пшеницы показало [19], что синтез глутамина и аспарагина заметно усиливается при увеличении дозирования кальция, параллельно усиливается и усвоение аммиачного азота. Катионы кальция воздействуют на процессы аминирования и переаминирования преимущественно в корнях, так как уже в пасоке растений в вариантах с преобладанием кальция содержалось значительно больше глутамина и аспарагина, чем в вариантах с преобладанием калия [14].

В проведенных нами исследованиях [6, 7, 15] выявлено влияние дефицита магния и кальция у растений не только на процесс поглощения аммиачной и нитратной форм азотных удобрений, но и на редукцию последних, а также на процессы ассимиляции аммиака и биосинтеза аминокислот. Установлена определенная специфичность воздействия каждого из катионов на азотный метаболизм [9].

В живом растительном организме между магнием и кальцием существуют довольно сложные взаимосвязи, касающиеся отдельных реакций обмена веществ. Так, кальций при высоких концентрациях, хотя и является тормозящим агентом фосфорилирующих реакций [3], все же может заменять магний в этих реакциях в качестве кофактора. Отмечена возможность замены необходимого для  $\alpha$ -амилазы кальция на другие двухвалентные катионы, в том числе и магний [25]. Кальций может быть также и антагонистом магния, ингибируя те ферменты, которые активируются магнием, например пируватфосфокиназу и аргининсукцинатсинтетазу [2], фосфоглюкомутазу [26] и гексокиназу [4]. В этой связи представляет интерес изучить характер прохождения азотного обмена у растений на ранних фазах их развития, в частности исследовать формирование фонда свободных аминокислот в корнях и надземных органах при широком варьировании соотношения магния и кальция в питательной среде.

## Методика эксперимента

Условия проведения опыта и методика отбора образцов описаны нами в предыдущей работе [10]. Использовалась питательная смесь Арнона — Хогланда и исследовались следующие соотношения Mg : Ca: 1 — 1 : 9; 2 — 2,5 : 7,5; 3 — 4 : 6 контроль; 4 — 5,5 : 4,5; 5 — 7 : 3; 6 — 8,5 : 1,5; первые три варианта — Ca-серия, остальные — Mg-серия. Анализировали корни и листья 15- и 30-дневных растений фасоли (сорт Щедрая).

Свободные аминокислоты определяли в надосадочной жидкости после обработки навесок растительного материала 60%-ным этанолом, подкисленным HCl до pH 2,2 при 80° в течение 45 мин и осаждения водорастворимых белков ТХУК [16]. Препараты аминокислот затем очищали на колонках с КУ-2 и элюировались с них 4 н. HCl. Белковый азот определяли по разности между общим и небелковым азотом. Для идентификации аминокислот использовали аминокислотный анализатор Hd 1200E.

## Результаты исследований

По существующим в настоящее время представлениям белки в цитоплазме клеток синтезируются главным образом за счет фонда свободных аминокислот [1]. Аминокислоты, образующиеся при аминировании продуктов темновой фазы фотосинтеза, слабо включаются в белки цитоплазмы, так как они расходуются в основном на синтез белков в хлоропластах. По-видимому, этим объясняется тот факт, что соответствие величины фонда свободных аминокислот относительно содержанию

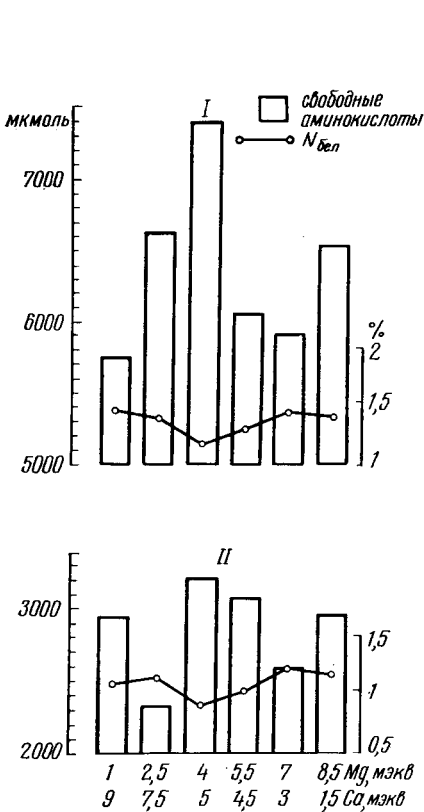


Рис. 1. Содержание белкового азота (%) и свободных аминокислот (мкмоль) в корнях фасоли.

I — 15-дневные растения; II — 30-дневные.

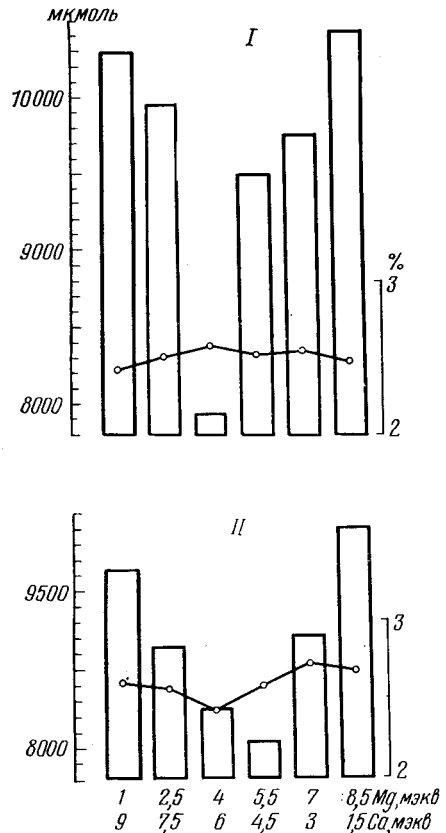


Рис. 2. Содержание белкового азота (%) и свободных аминокислот (мкмоль) в листьях фасоли.

Обозначения те же, что на рис. 1.

белков в корнях (рис. 1) 15- и 30-дневных растений проявляется более четко, чем в листьях (рис. 2).

Анализ полученных данных показывает, что в корнях 15-дневной фасоли в опытных вариантах содержится больше белка, чем в корнях растений контрольного варианта ( $Mg : Ca = 4 : 6$ ). То же можно сказать и про корни 30-дневных растений, причем варианты с отношением  $Mg : Ca = 2,5 : 7,5$  ( $Ca$ -серия) и  $Mg : Ca = 7 : 3$  ( $Mg$ -серия) имели преимущество перед другими вариантами опыта (рис. 1). У 30-дневных растений в корнях с большим относительным содержанием белков содержалось меньше свободных аминокислот. В корнях растений контрольного варианта меньшему относительному содержанию белкового азота соответствовала большая величина фонда свободных аминокислот.

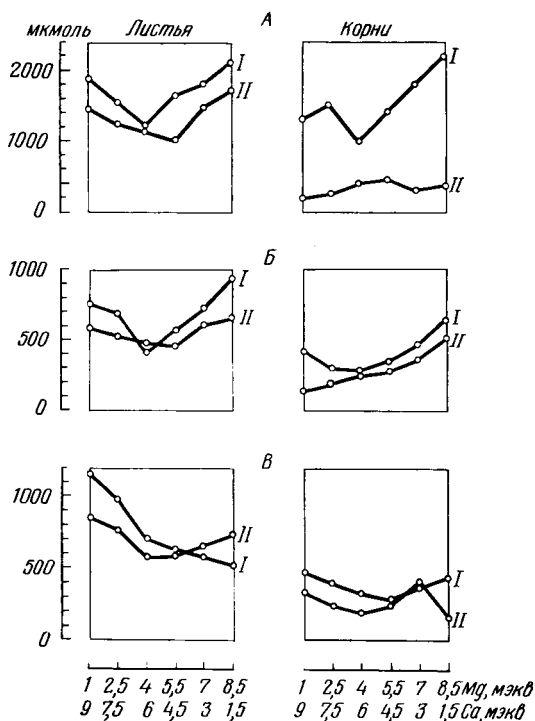


Рис. 3. Содержание аспарагиновой кислоты + аспарагина (А), глутаминовой + глутамина (Б) и аланина (В) в листьях и корнях 15- и 30-дневной фасоли; остальные обозначения те же, что на рис. 1.

Таким образом, магний и кальций, определяя большую интенсивность процессов поглощения и редукции нитратов [10], обуславливают и большее содержание белкового азота в корнях фасоли, при этом у 30-дневных растений перспективными в этом отношении были отношения  $Mg : Ca$ , равные 7 : 3 и 2,5 : 7,5 (рис. 1). Поэтому в листьях фасоли уже не обнаруживалось тесной связи между величиной фонда свободных аминокислот и содержанием белкового азота (рис. 2), что объясняется наличием в листьях широко выраженной компартиментации фонда свободных аминокислот [1]. В листьях 30-дневной фасоли опытных вариантов значительное накопление свободных аминокислот сопровождалось увеличением относительного содержания белков. Высокие дозы кальция и магния вызывали интенсивное

образование свободных аминокислот. На основании результатов проведенных нами исследований [8] можно предположить, что в случае преобладания кальция ими являются аминокислоты, поступившие из корней, а в случае преобладания магния — аминокислоты, образовавшиеся за счет продуктов фотосинтеза.

В исследованиях *in vitro* выявлено участие ионов  $Mg^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  в активировании ряда дегидрогеназ [22], аминотрансфераз [21], а также в реакции синтеза аспарагина и глутамина [5, 24]. Магний и кальций оказывают активирующее действие на биосинтез аспарагиновой и глутаминовой кислот, а также их амидов и в интактных растениях. Особенно четко это действие проявилось в листьях фасоли (рис. 3). В корнях активирующее действие на биосинтез аспарагиновой, глутаминовой кислот и их амидов отчетливо было выражено в основном в вариантах  $Mg$ -серии.

Ранее было установлено [20], что аланин является первой аминокислотой, образующейся в корнях растений при первичной ассимиляции

аммиака. В наших исследованиях в листьях, а также в корнях фасоли вариантов Са-серии содержание аланина (рис. 3) было повышенным, с увеличением соотношения Са и Mg в питательной среде оно возрастало.

Аланин является также одной из первичных аминокислот, образующейся при аминировании пировиноградной кислоты, которая входит в состав фонда первичных продуктов ассимиляции  $\text{CO}_2$  темновой фазы фотосинтеза [1]. Поэтому магний, контролируя распределение световой энергии между фотосистемами [23] и являясь активатором ряда дегидрогеназ аминокислот [22] и аминотрансфераз [21], способствует увеличению содержания аланина в листьях 30-дневной фасоли в вариантах Mg-серии (рис. 3).

К первичным аминокислотам фотосинтеза относятся также серин и глицин [1]. Анализ листьев и корней 15-дневной фасоли показывает, что высокие дозы магния и кальция отрицательно влияют на содержание в фонде свободных аминокислот серина (рис. 4). В несколько большем количестве в этот период он содержался в вегетативных органах контрольного варианта (Mg:Ca = 4:6). У 30-дневной фасоли эффект высоких доз кальция и магния в отношении серина снижался, а в листьях даже отмечалась некоторая стимуляция его накопления.

Высокая концентрация магния оказывала отрицательное действие на содержание глицина в листьях 15-дневной фасоли, отрицательным было также действие высокой концентрации кальция на содержание глицина в листьях 30-дневной фасоли (рис. 4). В корнях этих растений содержание глицина в фонде свободных аминокислот возрастало с увеличением соотношения между названными катионами.

Одним из основных показателей интенсивности метаболизации неорганических азотистых соединений является содержание в фонде свободных аминокислот амидов дикарбоновых кислот и основных аминокислот, в частности аргинина [8]. В корнях 15-дневных растений его содержание было большим в вариантах Са-серии и с увеличением соотношения Са и Mg оно возрастало, но у 30-дневной фасоли этот показатель в фонде свободных аминокислот как корней, так и листьев уже определялся концентрацией магния в питательном растворе и повышался с увеличением соотношения Mg и Са (рис. 4).

При высокой концентрации азота в питательной среде в условиях интенсивного поступления в растения нитратных ионов (смесь Арнона—Хогланда), их быстрой редукции до аммиака в опытных вариантах [10]

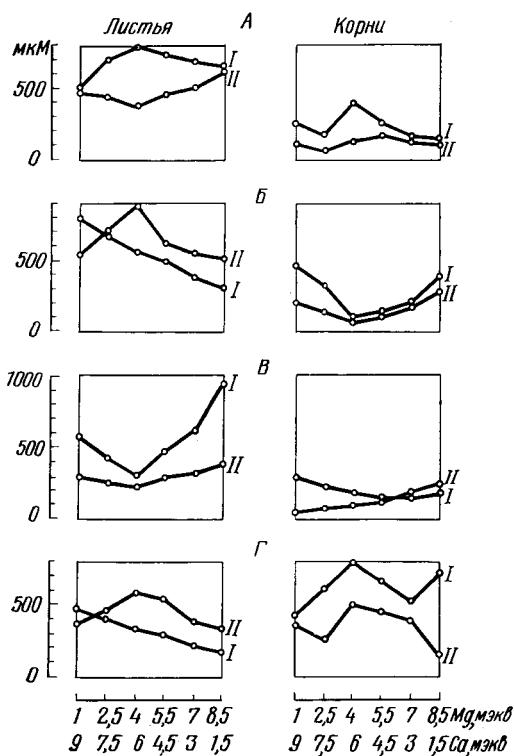


Рис. 4. Содержание серина (А), глицина (Б), аргинина (В),  $\gamma$ -аминомасляной кислоты (Г) в листьях и корнях 15- и 30-дневной фасоли; остальные обозначения те же, что на рис. 1.

растения довольно быстро «насыщались» восстановленными формами азота. Экзогенный и эндогенный аммиак частично использовался на биосинтез глютаминовой, аспарагиновой кислот и их амидов (рис. 3), другая его часть шла на образование прежде всего первичных аминокислот (глицина и аналина) и, наконец, часть аммиака нейтрализовалась путем усиленного образования основных аминокислот — аргинина (рис. 4). Следует отметить, что в процессе роста насыщенность клеток растений аммиаком уменьшалась [10] и как результат снижалось содержание амидов и аргинина в органах растений (рис. 3 и 4).

Физиологическая роль  $\gamma$ -аминомасляной кислоты до настоящего времени остается невыясненной. Достаточно подробно изучены лишь пути ее биосинтеза в тканях растений [11].  $\gamma$ -аминомасляная кислота относится к аминокислотам семейства глютамата, она образуется в основном путем декарбосилирования глютаминовой кислоты.

По мере роста растений ее содержание в листьях фасоли увеличи-

Т а б л и ц а 1

**Аминокислотный состав гидролизатов суммарных белков корней фасоли**  
(% от суммы микромолей; в числителе — 15-дневные растения,  
в знаменателе — 30-дневные растения)

Аминокислота	Соотношение Mg:Ca (м·экв)					
	1:9	2,5:7,5	4:6	5,5:4,5	7:3	8,5:1,5
Лизин	7,1	7,7	8,9	7,2	8,2	8,3
	7,9	7,2	7,4	8,2	9,0	8,4
Гистидин	2,5	2,4	2,0	2,3	2,1	2,0
	2,3	1,8	2,0	2,4	3,0	2,0
Аргинин	3,8	2,9	3,8	2,8	3,6	4,9
	3,6	3,5	3,0	3,4	3,6	4,2
Аспарагиновая кислота + + аспарагин	10,9	9,6	9,6	10,1	9,5	5,8
	12,1	8,4	11,4	9,6	9,0	9,2
Треонин	6,0	3,3	7,4	6,8	5,3	2,0
	5,6	6,7	6,0	6,8	6,0	5,9
Серин	5,7	4,0	5,8	5,5	6,1	6,4
	7,3	7,8	6,8	7,2	7,6	6,7
Глютаминовая кислота + + глютамин	9,2	8,0	9,3	8,3	7,6	9,9
	9,2	8,4	8,4	4,6	8,0	8,4
Пролин	7,3	4,8	5,8	8,0	7,1	7,8
	8,2	7,7	7,6	6,0	8,6	6,2
Глицин	6,8	7,7	6,7	7,7	8,1	9,5
	9,8	8,8	8,8	9,0	8,8	9,2
Аланин	7,2	9,4	8,2	8,0	8,1	8,0
	8,3	7,1	8,6	8,7	6,8	8,7
Валин	6,0	5,9	4,9	5,9	6,7	5,1
	1,5	6,9	4,3	6,0	6,7	4,8
Метионин	0,9	2,9	сл	0,5	0,6	сл
	сл	0,7	сл	0,4	0,4	0,3
Изолейцин	5,8	5,1	4,2	4,2	5,3	4,9
	3,8	4,4	4,2	5,8	6,2	4,9
Лейцин	12,7	11,5	12,5	12,1	12,5	14,2
	12,6	11,5	12,0	12,2	6,0	11,2
Тирозин	2,9	4,8	3,5	3,0	3,1	2,9
	2,9	2,8	3,4	3,1	3,7	3,2
Фенилаланин	6,4	9,5	7,4	7,3	6,2	8,5
	7,8	6,1	6,3	6,5	6,5	6,6

валось, в то время как в корнях, наоборот, уменьшалось. По-видимому, это объясняется тем, что  $\gamma$ -аминомасляная кислота выполняет функции транспортной формы азота [11].

Если в вариантах с соотношением Mg и Ca, равным 4:6 и 5,5:4,5, содержание глутаминовой кислоты как в корнях, так и листьях 15- и 30-дневных растений было самым низким (рис. 3), то содержание  $\gamma$ -аминомасляной кислоты у этих растений при названных соотношениях Mg и Ca было самым высоким (рис. 4). Не исключено, что при практически равном содержании в питательной среде магния и кальция, когда антагонизм между ними наиболее выражен при поглощении [13], в тканях растений активируется процесс образования  $\gamma$ -аминомасляной кислоты за счет декарбоксилирования глутамата. В данном случае проявилась еще одна важная функция  $\gamma$ -аминомасляной кислоты как соединения, резервирующего аммиак. Это подтверждается тем, что большинство аминокислот в органах растений при соотношениях Mg и Ca, равных 4 : 6 и 5,5 : 4,5, находится в минимуме (рис. 3 и 4).

Таблица 2

Аминокислотный состав гидролизатов суммарных белков листьев фасоли  
(% от суммы микромолей; в числителе — 15-дневные растения,  
в знаменателе — 30-дневные)

Аминокислота	Соотношение Mg:Ca (мэкв)					
	1:9	2,5:7,5	4:6	5,5:4,5	7:3	8,5:1,5
Лизин	6,4	5,1	5,8	4,8	4,8	4,6
	6,1	4,1	5,6	4,1	5,5	5,9
Гистидин	2,6	2,5	2,9	2,3	2,9	2,8
	2,5	2,0	2,8	1,9	2,8	2,8
Аргинин	6,1	5,0	5,0	4,5	4,9	5,0
	6,7	4,2	5,8	5,0	6,3	6,9
Аспарагиновая кислота+ +аспарагин	7,9	9,2	9,0	8,9	10,7	8,6
	10,8	8,1	8,0	8,3	8,6	9,1
Треонин	4,7	4,8	5,1	5,0	6,7	4,8
	4,7	5,5	5,7	4,3	5,3	4,1
Серин	5,1	4,5	4,8	5,4	6,6	6,0
	6,0	5,6	6,4	6,1	6,7	6,8
Глутаминовая кислота+ +глутамин	10,3	11,5	12,6	10,9	13,3	11,4
	11,0	13,3	11,5	14,1	10,8	11,0
Пролин	4,5	6,2	5,8	5,4	6,6	4,7
	5,3	5,2	5,5	7,0	5,8	5,0
Глицин	8,8	8,8	8,0	6,9	6,3	8,7
	8,8	9,8	7,9	9,1	8,1	8,3
Аланин	8,2	8,4	6,7	9,1	5,0	7,7
	8,4	8,7	7,6	9,1	7,8	7,4
Валин	9,0	8,8	8,1	9,3	9,6	10,1
	7,2	9,1	9,7	8,1	6,9	7,3
Метионин	2,4	2,2	2,1	2,2	2,3	1,9
	1,5	2,2	2,3	1,9	2,1	1,9
Изолейцин	5,4	4,6	5,1	4,6	5,1	4,4
	4,6	6,4	4,6	3,8	4,6	4,4
Лейцин	9,5	9,4	10,2	13,9	5,3	9,8
	8,7	11,4	7,1	11,4	10,2	10,4
Тирозин	3,7	3,2	3,6	2,7	4,0	3,4
	3,8	3,1	3,5	2,4	3,3	3,9
Фенилаланин	5,3	5,9	5,4	4,0	5,7	6,1
	5,1	1,4	6,0	3,3	5,3	4,3

Насколько сильно соотношение Mg и Ca в питательной среде затрагивает процесс включения аминокислот в белки растений, показывают данные аминокислотного состава гидролизатов суммарных белков корней и листьев фасоли (табл. 1 и 2).

В корнях 15-дневной фасоли в вариантах Mg-серии с повышением соотношения Mg и Ca в суммарном белке увеличивалось содержание таких аминокислот, как лизин, аргинин, серин, глицин и лейцин, а у 30-дневных растений — содержание аргинина и глутаминовой кислоты + глутамин (табл. 1). В вариантах Ca-серии с увеличением соотношения Ca и Mg в суммарном белке корней 15-дневных растений возрастало содержание гистидина, аспарагиновой кислоты + аспарагина, валина и изолейцина, а у 30-дневных растений — аргинина, глутаминовой кислоты + глутамин, пролина и глицина.

В листьях 15-дневных растений вариантов Mg-серии в суммарную белке увеличивалось количество гистидина, аргинина, валина и фенилаланина, а у 30-дневных растений — гистидина, аргинина, аспарагиновой кислоты + аспарагина, серина и тирозина (табл. 2); в вариантах Ca-серии у 15-дневных растений возрастало содержание аргинина, валина и метионина, а 30-дневных растений — только аспарагиновой кислоты + аспарагина.

Таким образом, соотношения Mg и Ca в питательной среде уже с начальных периодов развития фасоли существенно влияют на метаболизм азотистых соединений.

Состав азотистых соединений в корнях и листьях фасоли изменялся не только в результате непосредственного изменения соотношения Mg : Ca, но и за счет субстратного ингибирования или индукции процессов азотного обмена при поступлении тех или иных метаболитов, например из корней в листья, и наоборот. По ряду звеньев азотного обмена прослеживается органальная специфичность действия магния и кальция: магний оказывает более заметное влияние на состав азотистых соединений надземных органов, а кальций — на их состав в корнях. Последний влияет на состав азотистых соединений листьев, очевидно, через подачу корневых метаболитов с ксилемным током.

Значительное преобладание в питательной среде магния над кальцием и кальция над магнием положительно сказывалось на интенсификации таких процессов азотного обмена, как поглощение и редукция нитратов, биосинтез целого ряда аминокислот, в особенности глутаминовой, аспарагиновой и их амидов, первичных аминокислот, аргинина и некоторых других, а также на биосинтез белков в растениях. При относительно равной концентрации в питательной среде этих катионов названные выше процессы азотного обмена проходят в растениях с меньшей интенсивностью, что, вероятно, объясняется проявляющимся при поступлении в растение антагонизмом между магнием и кальцием.

## Выводы

1. При высокой концентрации азота в питательной среде его ассимиляция фасолью через биосинтез аминокислот зависела от соотношения Mg и Ca в питательной среде.

2. Значительное преобладание магния над кальцием и кальция над магнием способствовало связыванию аммиака посредством усиления биосинтеза глутаминовой, аспарагиновой кислот и их амидов, а также аргинина. Преобладание кальция над магнием обуславливало повышенное накопление в органах 15- и 30-дневной фасоли первичной аминокислоты — аланина.

3. При относительно равной концентрации в питательной среде магния и кальция в листьях и корнях 15- и 30-дневной фасоли повышалось содержание  $\gamma$ -аминомасляной кислоты.

4. При значительном преобладании в питательной среде магния над кальцием и кальция над магнием аминокислотный состав суммарного белка изменялся более значительно, чем при практически равном их содержании. В наибольшей степени колебалось содержание глютаминовой, аспарагиновой кислот и их амидов, аргинина, глицина, лейцина, серина и фенилаланина.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Т. Ф. Фотосинтез и азотный обмен листьев. М., «Наука», 1969. — 2. Андреев С. С. Физиологическая роль макроэлементов (P, S, K, Ca и Mg) и кислотности внешней среды. В кн.: Физиология с.-х. растений. Т. 2, Изд-во МГУ, с. 90. — 3. Бушueva Т. М., Семихатова О. А., Берс Э. П. Дыхание и окислительное фосфорилирование у митохондрий из проростков гороха, выращенных при разных условиях питания кальцием. «Бот. журн.», 1963, т. 48, № 1, с. 1667—1669. 4. Генин М. С., Романов Ю. С., Андреев В. С. Антагонистический характер влияния ионов  $Mg^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  на активность гексокиназы. «Биохимия», 1972, № 4, с. 732—736. — 5. Евстигнеева З. Г., Пушкин А. В., Кретович В. Л. Кинетические характеристики глютаминсинтетазы из семян гороха. «Физиол. растений», 1972, т. 19, № 4, с. 729—733. — 6. Кондратьев М. Н. Влияние дефицита кальция и магния на метаболизм аминокислот в листьях фасоли. В кн.: Краткие тезисы докл. к межреспублик. науч.-техн. конфер. 28—29/XI 1973, Л., с. 106. — 7. Кондратьев М. Н. К физиологическим аспектам теории Лоева о соотношении Ca:Mg в питательной среде. В кн.: Почва, плодородие, урожай. Минск, 1975, с. 292. — 8. Кондратьев М. Н. Метаболизм аминокислот у фасоли в условиях дефицита магния и кальция в питательной среде. С.-х. биология», 1976, т. 10, № 4, с. 538—543. — 9. Кондратьев М. Н. Некоторые пути нейтрализации эндогенного аммиака растениями фасоли в условиях дефицита магния и кальция. «Физиол. и биохим. культ. растений», 1977, т. 9, № 5, с. 501—505. — 10. Кондратьев М. Н. Содержание общего и фракций небелкового азота в вегетативных органах молодой фасоли при различном соотношении магния и кальция в питательной среде. «Изв. ТСХА», 1978, вып. 2, с. 99—104. — 11. Кретович В. Л. Обмен азота в растениях. М., «Наука», 1972. — 12. Курсанов А. Л. Транспорт ассимилятов в растении. М., «Наука», 1976. — 13. Магницкий К. П. Взаимосвязи в питании растений. «Агрохимия», 1967, № 10, с. 32—42. — 14. Мосолова Л. В. Значение соотношения K и Ca при выращивании озимой пшеницы. «Агрохимия», 1967, № 5, с. 61—66. — 15. Плешков Б. П., Кондратьев М. Н. Азотистые соединения проростков пшеницы при дефиците магния и кальция в питательной среде. «Изв. ТСХА», 1971, вып. 6, 86—92. — 16. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М. «Колос», 1976. — 17. Прянишников Д. Н., Шулов И. С. О синтетическом образовании аспарагина в растениях. «Журн. опыт. агрономии», 1910, № 4, с. 533—541. — 18. Прянишников Д. Н. Избр. тр. М., «Наука», 1976. — 19. Туркова Н. С. Влияние соотношения K и Ca в питательном растворе на поглощение растениями нитратных и аммонийных солей. «Докл. ТСХА», 1945, вып. 2, с. 102—105. — 20. Турчин Ф. В., Гуминская М. А., Плышевская Е. Г. Исследование азотного обмена растений с применением изотопа  $^{15}N$ . «Физиол. растений», 1955, т. 2, № 1, с. 3—7. — 21. Ellis R. J., Davies D. D. «Biochem. J.», 1961, vol. 78, N 3, p. 615—620. — 22. Harper J. E., Paulsen G. M. «Plant Physiol.», 1969, vol. 44, N 1, p. 69—75. — 23. Rainski H. J., Randles J., Hoch G. E. «FEBS. Lett.», 1971, vol. 13, N 2, p. 98—101. — 24. Streeter J. G. «Arch. Biochem. a. Biophys.», 1973, vol. 157, N 2, p. 613—618. — 25. Toda H., Naita K. «J. Biochem.», 1967, vol. 62, N 6, p. 767—781. — 26. Young S. F., Miller G. W. «Biochem. J.», 1963, vol. 88, N 3, p. 509—518.

*Статья поступила 13 марта 1978 г.*

#### SUMMARY

The effect of Mg:Ca ratio on the content of protein nitrogen and on the metabolism of free amino acids in roots and leaves of 15- and 30-day beans was studied in the greenhouse trial in sandy culture on Arnon-Hogland mixture rich in nitrogen. Significant predominance of magnesium and calcium in the nutrient medium has been found to cause linking of ammonia by intensification of biosynthesis of glutaminic and asparaginic acids and their amides, as well as of arginine. Predominance of calcium resulted in higher accumulation of primary alanine amino acid in bean organs. If the amount of magnesium and calcium in the nutrient medium was approximately the same, the content of  $\gamma$ -aminobutyric acid in leaves and roots of beans was high.