

УДК 581.133.1:631.811.3'6

СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО И ФРАКЦИЙ НЕБЕЛКОВОГО АЗОТА В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ МОЛОДОЙ ФАСОЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СООТНОШЕНИЙ МАГНИЯ И КАЛЬЦИЯ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

КОНДРАТЬЕВ М. Н.

(Кафедра физиологии растений)

Влияние соотношений между магнием, кальцием и калием на рост и развитие растений убедительно показано на большом фактическом материале [2, 4, 7, 8, 14]. Вместе с тем сведения о физиологических и биохимических аспектах этого влияния весьма органичны [3, 12].

В краткосрочных опытах с пшеницей и кукурузой установлено [3], что абсолютное накопление общего азота и азота белков достигает максимума при равных дозировках калия и кальция (именно в этом случае отмечено наиболее мощное развитие проростков). С увеличением дозировок кальция усиливалось поглощение аммонийных и уменьшалось поглощение нитратных ионов. В других исследованиях [17, 18] при недостатке кальция в питательной среде снижалось поглощение нитратов и одновременно увеличивалось их процентное содержание в тканях из-за ухудшения редукции нитратов в этих условиях. При высоком содержании кальция в питательной среде нитратов в тканях не было.

Имеются указания более общего характера, из которых следует [16], что содержание кальция в растениях с увеличением доз азота в питательном растворе повышается гораздо больше, чем содержание любого другого питательного элемента. Увеличение поглощения азота из раствора с возрастанием в нем концентрации кальция ранее отмечалось Д. Н. Прянишниковым [11] и другими исследователями [13].

Влияние ионов магния на процессы поглощения и восстановления нитратов изучено слабее [5, 15]. Так, было выявлено, что скорость поглощения и ассимиляция иона NO_3^- из $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ значительно выше, чем из $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ [15]. Предполагалось, что это связано с дефицитом ионов Ca^{2+} в растении, возникающим вследствие их антагонизма с ионами Mg^{2+} . Представляется важным выявить, при каких соотношениях названные катионы, не вызывая ощутимых нарушений в росте и развитии растений, не будут мешать друг другу в процессе поглощения азота из питательного раствора и редукции нитратов до аммиака.

Методика

Исследования проводили с фасолью сорта Щедрая в песчаной культуре на полной питательной смеси Арнона — Хогланда. Соотношения количеств магния и кальция в вариантах опыта были следующими (в мэкв/кг): 1) 1 : 9; 2) 2,5 : 7,5; 3) 4 : 6; 4) 5,5 : 4,5; 5) 7 : 3; 6) 8,5 : 1,5. Общее содержание магния и кальция во всех вариантах опыта равнялось содержанию калия и составляло 10 мэкв. Первые три варианта опыта, характеризующиеся преобладанием кальция над магнием, составили Са-серию, остальные с преобладанием магния — Mg-серию.

Пробы корней и листьев отбирали в возрасте 15 и 30 дней с момента появления всходов, фиксировали жидким азотом и лиофильно высушивали. Содержание общего азота определяли методом Кьельдаля после озоления навесок растительного материала фенолсерной кислотой, небелковый азот и его фракции (в чашках Конвея — в надосадочной жидкости после обработки растительного материала 60%-ным этаном, подкисленным HCl до pH 2, при 80° в течение 45 мин и осаждения водорастворимых белков ТХУК [9]).

Результаты исследований

Содержание общего азота как в корнях, так и в листьях 15-дневной фасоли находилось в сложной зависимости от соотношения магния и кальция в питательной среде и было специфично для каждого органа (рис. 1). Так, в корнях преобладание магния над кальцием или кальция над магнием приводило к увеличению относительного содержания общего азота, причем, при отношении магния к кальцию 2,5 : 7,5 оно практически приостанавливалось, а при отношении 1 : 9 тормозящее действие на накопление азота оказывали высокие дозы кальция

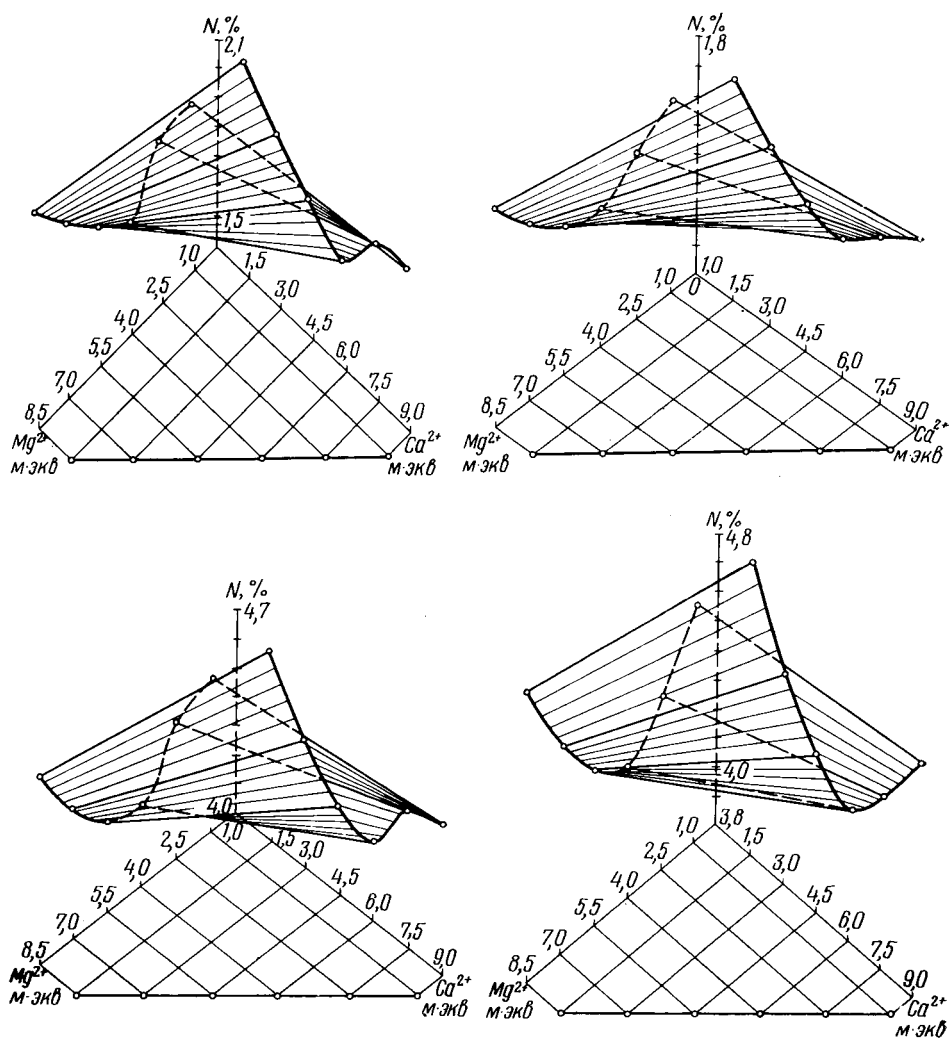


Рис. 1. Содержание общего азота (% на сухое вещество) в корнях (слева) и листьях 15-дневных (вверху) и 30-дневных растений фасоли.

(рис. 1). Аналогично возрастало относительное содержание азота и в листьях 15-дневных растений, однако такого резкого перелома в его накоплении при высоких дозах кальция не наблюдалось (рис. 1), тем не менее угнетающее действие последнего проявлялось и в этом случае.

Такой же была зависимость относительного содержания общего азота от соотношения $Mg : Ca$ в питательной среде и для корней 30-дневных растений (рис. 1). При высоких дозах кальция по-прежнему отмечалась тенденция к уменьшению накопления азота в корнях фасоли, что, по нашему мнению, объясняется проявлением регуляторных функций отношения $Ca : K$ [8], которое в данном случае приближалось к единице. Угнетающего воздействия высоких доз кальция на накопление общего азота в листьях 30-дневных растений, однако, не наблюдалось (рис. 1).

Высокие дозы магния в питательном растворе способствовали накоплению общего азота как в корнях, так и листьях 15- и 30-дневной фасоли, что подтверждает важную роль этого элемента в азотном метаболизме растений [1].

Таким образом, уже в ранние фазы развития фасоли отмечены различия в воздействии соотношения $Mg : Ca$ в питательной среде на процесс увеличения относительного содержания азота в разных органах фасоли.

Влияние величины соотношений $Mg : Ca$ в питательной среде на содержание небелкового азота в корнях 15- и 30-дневных растений имело общие черты в большинстве вариантов, за исключением отношения 1 : 9 (рис. 2). Относительное содержание небелкового азота снижалось от первой пробы ко второй, что связано с ростом корней, на этом фоне отмечены два соотношения $Mg : Ca$, при которых оно было наименьшим: у корней 15-дневных растений — 1 : 9 и 7 : 3, у корней 30-дневных — 2,5 : 7,5 и 7 : 3.

Отмеченное явление представляет интерес, поскольку величина фракции небелкового азота, с одной стороны, характеризует накопление в растении растворимых соединений азота, с другой — дает определенное представление об интенсивности вовлечения азотистых веществ растворимой фракции в органические азотсодержащие соединения.

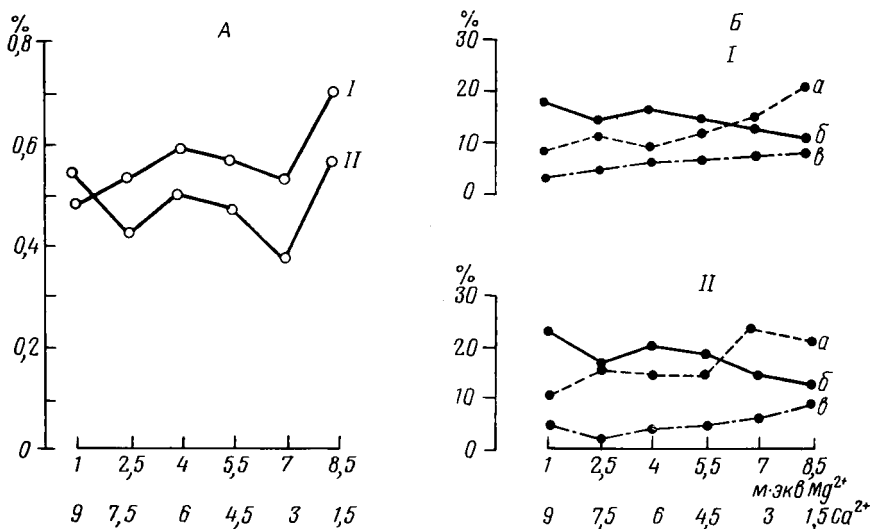


Рис. 2. Содержание небелкового азота и его фракций в корнях фасоли. А — небелковый азот (% на сухое вещество); Б — фракции небелкового азота (% от небелкового азота): а — амиды, б — нитраты, в — аммиак; I — 15-дневные растения, II — 30-дневные растения.

Как видно из рис. 2, кальций при значительном преобладании над магнием способствует повышению процента нитратов во фракции небелкового азота, что согласуется с данными других авторов [17, 18]. При значительном преобладании магния над кальцием наблюдается уменьшение относительного содержания нитратов, по-видимому, вследствие благоприятного воздействия магния на процесс редукции последних [10]. Примечательно, что на фоне тенденции к увеличению относительного содержания нитратов в корнях в случае преобладания кальция над магнием, при отношении 2,5 : 7,5 наблюдалось существенное уменьшение их относительного содержания. Это, на наш взгляд, объясняется воздействием кальция непосредственно и на процесс редукции нитратов [17].

Относительное содержание аммиачного азота в корнях 15- и 30-дневных растений в большинстве вариантов с изучаемыми соотношениями Mg : Ca в основном коррелировало с содержанием нитратов (рис. 2). Особенно это характерно для Mg-серии. В связи с тем, что в вариантах Ca-серии кальций одновременно воздействует на процессы поглощения и редукции нитратов [15, 18], четкого соответствия между содержанием нитратной и аммиачной форм небелкового азота, характерного для растений Mg-серии, не обнаружено.

Имелось определенное соответствие между содержанием нитратной и амидной форм небелкового азота в корнях 15- и 30-дневных растений. Это можно объяснить тем, что аммиак, являясь реакционно-способным соединением, в первую очередь включается в амидную группу глутамина [6]. Так, в Ca-серии относительное содержание нитратов в корнях при отношении Mg : Ca 2,5 : 7,5 уменьшалось при одновременном увеличении относительного содержания амидной фракции небелкового азота в этом варианте (рис. 2).

Иной была зависимость содержания небелкового азота и его фракций в листьях от величины соотношений Mg : Ca в питательной среде. Значительное преобладание магния над кальцием или кальция над магнием способствовало увеличению в листьях относительного содержания небелкового азота, причем варианты Mg-серии имели некоторое

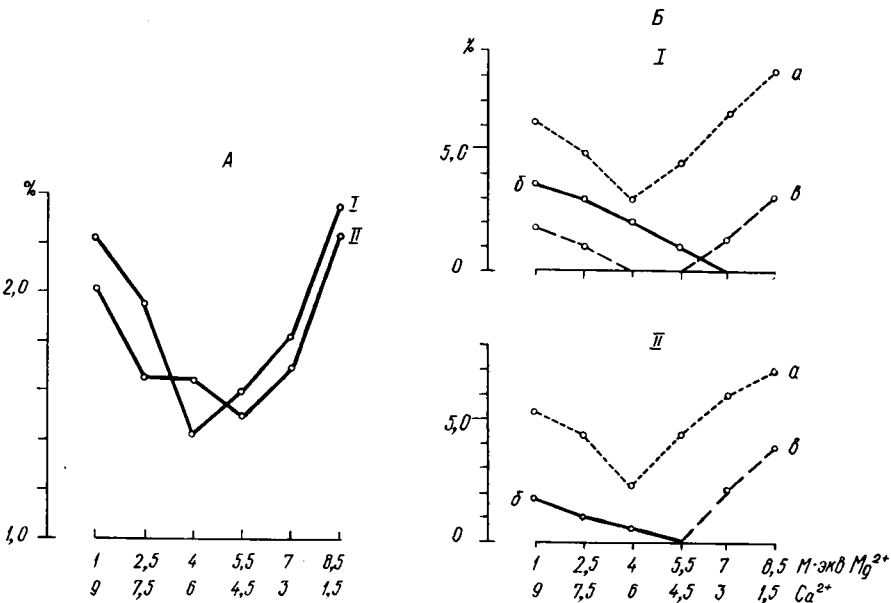


Рис. 3. Содержание небелкового азота и его фракций в листьях фасоли. Обозначения те же, что на рис. 2.

превосходство над вариантами Са-серии (рис. 3). Безусловно, повышенное содержание небелковой фракции в листьях растений опытных вариантов связано с большей интенсивностью процессов поглощения и ассимиляции азота питательной среды, так как преимуществ в росте растений ни в одном из вариантов опыта в этот период не отмечалось.

Это подтверждают данные о содержании фракций небелкового азота в листьях 15- и 30-дневных растений. Нитратная форма азота, которая является основной в смеси Арнова — Хогланда, обнаруживается в листьях растений, выращенных на смеси с преобладанием кальция над магнием, что вполне объяснимо [17, 18]. В вариантах Mg-серии у 30-дневных растений нитраты полностью восстанавливались до аммиака уже в корнях, поэтому в листьях их практически не было (рис. 3), чему соответствовало и большее относительное содержание аммиачной и амидной фракции небелкового азота в листьях фасоли вариантов Mg-серии.

Кальций, способствуя поглощению и передвижению нитратов по растению, активизирует и процесс их восстановления как через влияние на активность редуктаз [10], так и путем обеспечения этого процесса восстановленным НАД и НАДФ за счет активации ряда реакций цикла ди- и трикарбоновых кислот [1], что в наших исследованиях подтверждается (рис. 3) сравнительно высоким относительным содержанием аммиачной и амидной фракций небелкового азота.

Выводы

1. Соотношение Mg : Са в питательной среде оказывает существенное воздействие на содержание и состав азотистых соединений в вегетативных органах фасоли уже на ранних фазах ее развития (15-й и 30-й дни с момента появления всходов).

2. Преобладание магния над кальцием в среде благоприятно отразилось на накоплении общего азота в корнях и листьях фасоли. Высокие концентрации кальция в питательной среде (Mg : Са = 1 : 9) снижали относительное содержание общего азота в этих органах.

3. Значительное преобладание магния над кальцием и кальция над магнием способствовало увеличению в органах растений относительного содержания небелковой формы азота, при этом влияние крайних максимальных в опыте доз магния было несколько больше, чем влияние максимальных доз кальция.

4. Высокие дозы кальция вызывали увеличение относительного содержания азота в корнях 15- и 30-дневных растений нитратов > амидов > аммиака, в листьях — амидов > нитратов > аммиака. Высокие дозы магния — соответственно в корнях — амидов > нитратов > аммиака, в листьях — амидов > аммиака. Нитраты в последнем случае практически отсутствовали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев С. С. Физиологическая роль макроэлементов (P, S, K, Ca и Mg) и кислотность внешней среды. В кн. Физиол. с.-х. растений. Т. 2, 1967, МГУ, с. 90. — 2. Гедройц К. К. Почвенные обменные катионы и растения. Сообщ. 2. Известкование почвы и отношение между количеством обменного кальция и обменного магния в почве. «Удобрение и урожай», 1931, № 11—12, с. 1047—1059. — 3. Гунар И. И. Игнатевская М. А., Петров-Спирidonov А. Е. Поглощение аммиачного и нитратного азота проростками ячменя и вики в зависимости от величины соотношения калия и кальция в

питательном растворе. «Изв. ТСХА», 1969, вып. 5, с. 3—9. — 4. Кондратьев М. Н., Крищенко В. П. Влияние соотношения магния и кальция в питательной среде на фракционный и аминокислотный состав белка в зерне пшеницы. «Изв. ТСХА», 1971, вып. 5, с. 92—100. — 5. Кондратьев М. Н., Плешков Б. П. Азотистые соединения проростков пшеницы при дефиците магния и кальция в питательной среде. «Изв. ТСХА», 1971, вып. 6, с. 86—90. — 6. Кретович В. Л. Обмен азота в растениях. М., «Наука», 1972. — 7. Мазеев М. М. Применение концентрированных удобрений и потребность рас-

тений в кальции. «Агрохимия», 1970, № 10, с. 112—117.—8. Петров-Спридонов А. Е. Рост растений и распределение катионов по их органам на фоне высокой концентрации питательных соединений при варьировании К:Са в среде. «Изв. ТСХА», 1972, вып. 6, с. 6—11.—9. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М., «Колос», 1976.—10. Приходько Н. В., Нижко В. Ф. Влияние одно- и двухвалентных ионов на активность нитратредуктазы корней гороха. «Физиол. и биохим. культурных растений», 1973, т. 5, № 5, с. 504—507.—11. Прянишников Д. Н. Избр. труды. М., «Наука», 1976.—12. Туркова Н. С.

Влияние соотношения К и Са в питательном растворе на поглощение растениями нитратных и аммонийных солей. «Докл. ТСХА», 1945, вып. 2, с. 102—106.—13. Burstrom H. G., "Physiol. Plantarum", 1954, vol. 7, N 2, p. 442—342.—14. Elgabaly M. M. "Soil. Sci.", 1955, vol. 80, N 3, p. 235—242.—15. Morgan M. A., Jackson W. A., Volk R. S. "Plant Physiol.", 1972, vol. 50, N 3, p. 485—490.—16. Parker F. W., Truog E. "Soil Sci.", 1920, vol. 10, N 1, p. 49—56.—17. Sauvaire V. "C. r. Acad. Sci.", 1967, D. 264, N 2, p. 296—299.—18. Sauvaire V., Baccou I. C., Paris-Pireyre N. Ibid., 1969, D 269, N 10, p. 947—950.

Статья поступила 2 февраля 1977 г.

SUMMARY

Under conditions of greenhouse experiment in sandy culture the effect of Mg:Ca ratio in nutritive medium on the relative content of total and non-protein nitrogen, as well as of the fractions of non-protein nitrogen, in the roots and leaves of young bean plants was studied. Certain regularities in the lability of nitrogenous compounds depending on Mg:Ca ratio have been found.