

УДК 581.13:631.811

**РЕАКЦИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА АММОНИЙНОЕ ПИТАНИЕ
ПРИ РАЗНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФОСФАТОВ В СРЕДЕ****Н. М. ШАРОШКИН, А. Е. ПЕТРОВ-СПИРИДОНОВ****(Кафедра физиологии растений)**

В опытах с водной культурой подсолнечника варьирование концентрации фосфатов в питательной среде не оказывало существенного влияния на токсическое действие иона аммония. Отмечена тенденция к снижению содержания калия и кальция в тканях побегов и общего фосфора в корнях опытных 14-дневных растений. Не установлено значительного подкисления, клеточного сока листьев при аммонийном питании. Вероятно, повреждающий эффект аммония вызывается нарушением водного тока через корневую систему.

После длительной дискуссии об эквивалентности нитратов и аммония как источников азота Д. Н. Прянишников в конце 30-х годов убедительно аргументировал агрономическую и физиологическую равноценность этих источников азота при известковании почв в случае использования аммонийных форм азота [3]. В связи со значительным увеличением площадей закрытого грунта, развитием гидропонного и аэропонного методов выращивания растений интерес к особенностям нитратно-аммонийного питания вновь возрос. Большое значение для пробуждения этого интереса имели результаты работ Киркби [12, 13], суть которых сводится к следующему. Повреждающее действие аммония на растения является не только следствием того, что аммонийные формы азота, как определил Прянишников, являются физиологически кислотными, но и по причине, вероятно, более существенной — аммоний вызывает со временем сильнейшее нарушение катионно-анионного баланса в тканях органов растений. Этот факт неоднократно подтверждался и в дальнейшем [6, 2, 11, 8 и др.].

Изучение ионного баланса при аммонийном питании у фасоли и кормовых бобов показало, что среди анионов (сумма которых существенно выше суммы катионов) преобладают анионы сильных минеральных кислот, которые вызывают подкисление клеточного сока. Вместе с тем в этих условиях образование органических кислот значительно подавлено по сравнению с их образованием при нитратном питании. Возможной причиной повреждения и даже гибели растений при аммонийном питании является избыточное накопление минеральных анионов и, как следствие, катастрофическое увеличение концентрации протонов [2], а не собственно токсическое действие иона аммония [5].

Следует подчеркнуть, что среди анионов минеральных кислот, накапливаемых в растениях, фосфаты имеют первостепенное значение. Заметим, что этот факт обнаружен еще в 1926 г. И. Г. Дикусаром [1] и неоднократно подтверждался в последующие годы [4, 7, 9]. Таким образом, избыточное накопление фосфатов может рассматриваться как одна из возможных причин токсического действия аммонийных форм азотных удобрений.

В связи с этим особый интерес представляют работы О. Ф. Туевой, обобщенные в монографии «Фосфор в питании растений» [4]. В ее опытах с тыквой аммоний практически не оказывал токсического действия, если в среде отсутствовали фосфаты. Заметим, что, хотя схема данных опытов значительно отличалась от схемы исследований [2], результаты в том и другом случае в целом согласуются. Указанные выше работы имеют большую ценность для обоснования повреждающего действия аммония на растение. В связи с изложенным представляет интерес исследовать реакцию подсолнечника на аммонийное питание в зависимости от уровня фосфорного питания.

Методика

Опыт проводился в лаборатории физиологии растений в 1985 г. на подсолнечнике сорта Енисей. Растения выращивали в литровых сосудах на водном растворе Хогланда — Джонсона [10] (0,5 нормы) до 12-дневного возраста, после чего в опытных вариантах (аммонийная форма питания) нитраты калия и кальция в питательной смеси заменяли хлористым аммонием и добавляли хлорид калия и кальция. В контроле состав питательного раствора оставался без изменения. Варианты опыта различались содержанием фосфора в питательном растворе: 0; 0,5; 1 и 4 ммоль $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_4$ на 1 л. Повторность опыта 3-кратная. Условия близкие к факторстатным. Температура воздуха поддерживалась на уровне $20 \pm 1^\circ$. Световой период 16 ч, освещенность 10 клк, использовались лампы ЛБ-30. Опыт был завершен на 7-й день экспозиции после проявления нарушений (замедление роста, ослабление тургора листьев нижних ярусов, повреждение корней у растений опытных вариантов).

Надземную часть и корни после предварительной фиксации при 105° высушивали в течение 2 сут в сушильном шкафу при 65° . Затем высушенную массу разделили на листья, стебли и корни.

Измельченный материал подвергали сухому озолению в муфельной печи при 450° в течение 5 ч. После растворения в золе определяли К, Са, Mg, H_2PO_4 . Хлорид-ион определяли в водной вытяжке после суточного настаивания растительного материала (100 мг в 100 мл дистиллированной воды).

Кислотность питательного раствора и клеточного сока в листовых высечках устанавливали на рН-метре 121. Содержание элементов минерального питания определяли по общепринятым методикам: фосфор — фотоколориметрически с аскорбиновой кислотой, хлор — титрованием с нитратом серебра, кальций и магний — трилонометрическим методом, калий — на пламенном фотометре. Осмотическое давление в листьях 4-го яруса устанавливали рефрактометрическим методом.

Результаты

На 5—7-й день экспозиции у растений всех опытных вариантов независимо от уровня содержания фосфатов в среде наблюдались замедление роста, потеря тургора листьями нижних ярусов, «складывание» листовых пластинок верхних ярусов и повреждение корней, которое выразилось в том, что их цвет становился темно-коричневым, а в некоторых случаях они покрывались слизью. У опытных растений выявлена тенденция к увеличению осмотического давления клеточного сока в листьях 4-го яруса (табл. 1).

Как и следовало ожидать, содержание общего фосфора в органах растения изменялось в зависимости от его концентрации в питательной среде (табл. 2). В листьях и стеблях контрольных и опытных растений оно достоверно не различалось при варьировании концентрации фосфатов в питательной среде в пределах 0,5—4 ммоль. Только в корнях опыт-

Таблица 1

Масса побегов и корней 14-дневных растений подсолнечника, оводненность побегов, рН клеточного сока и осмотическое давление в листьях

Вариант	Побег					Масса корня, г	
	масса, г		оводненность, %	рН клеточного сока листьев	осмот. давление в листьях, 10^5 Па	сырая	сухая
	сырая	сухая					
Контроль	45,8±	5,12±	88,7±	6,48+	5,5±	19,3±	1,1±
	5,8	0,54	0,23	0,14	0,1	0,2	0,1
Опыт*:	18,3±	3,4±	82,4±	6,33+	6,4±	5,5±	0,4±
	1,7	0,1	0,98	0,12	0,8	0,8	0,1
0,5	16,9±	2,5±	84,5±	5,97+	8,6±	4,6±	0,3±
	2,6	0,2	1,7	0,16	2,9	1,2	0,1
1	21,3±	2,9±	85,7±	6,08±	9,6±	9,2±	0,5±
	3,6	0,1	1,7	0,13	2,7	3,2	0,1
4	21,2±	2,8±	86,7±	6,06+	7,0±	6,7±	0,5±
	1,2	0,1	0,6	0,13	0,9	1,3	0,1

* Здесь и в табл. 2 — содержание K_2PO_4 в питательной смеси, ммоль.

Ионный состав органов растений подсолнечника (мг/г сухой массы)

Вариант	H ₂ PO ₄ ⁻	Cl ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Лист с черешком					
Контроль	5,8±2,5	3,2±0,3	30,5±0,3	29,0±1,2	26,8±4,5
Опыт:					
0	5,8±2,5	3,2±0,3	30,5±0,3	29,0±1,2	26,8±4,5
0,5	19,6±4,0	3,3±0,3	34,7±3,1	18,0±2,0	17,2±2,8
1	22,5±3,5	3,6±0,6	33,6±3,7	25,6±5,5	14,8±1,7
4	25,9±3,1	4,7±0,6	41,9±5,4	22,7±4,1	12,8±0,8
Стебель					
Контроль	13,0±1,3	0,6±0,0	30,7±3,9	24,2±0,42	14,8±5,1
Опыт:					
0	5,8±3,3	2,0±0,0	18,0±0,7	14,7±3,7	10,1±1,1
0,5	13,4±5,0	2,4±0,3	15,3±1,6	9,3±0,6	9,3±1,7
1	14,3±1,0	1,9±0,2	25,4±5,5	12,7±3,7	8,0±1,4
4	10,2±1,6	2,2±0,2	28,1 ±2,8	14,0±1,2	10,8±5,9
Корень					
Контроль	50,0±8,0	0,3±0,0	36,4±1,3	18,7±0,6	5,2±2,1
Опыт:					
0	14,8±4,9	2,6±0,2	21,3±8,3	16,0±6,0	11,2±2,1
0,5	17,1±4,5	2,7±0,2	19,5±5,4	10,7±0,7	4,8±0,7
1	19,4±3,2	2,0±0,2	38,5±15,2	8,0±1,2	5,2±1,4
4	16,1±5,3	2,4±0,2	41,4±18,4	12,0±2,8	8,8±1,1

ных растений этого элемента содержалось достоверно меньше, чем в контроле. Вероятно, повреждаемость корней значительно больше, чем побега, они более подвержены сильным деструктивным изменениям. В варианте без фосфора его содержание в тканях достоверно уменьшалось. Следует отметить, что в этом варианте содержание калия в листьях и стеблях было существенно ниже. При концентрации фосфатов в среде 0,5 ммоль содержание калия в стеблях было также низким. Отсутствие различий в содержании этого элемента в корнях, видимо, свидетельствует о глубоких нарушениях в корне вследствие аммонийного питания. Содержание кальция в опытных вариантах было ниже, чем в контроле, во всех органах растений, а содержание магния, напротив, не отличалось от контрольного. Как и следовало ожидать, содержание хлора в растениях всех опытных вариантов достоверно превышало этот показатель у контрольных растений.

В целом результаты наших исследований согласуются с данными Киркби [12, 13] о подавлении поглощения катионов в присутствии иона аммония и об увеличении осмотического давления на аммонийном источнике азота. Подтверждены данные Н. Г. Осмоловской и Л. М. Кренгауз [2] о подкислении клеточного сока. Но мы не можем утверждать, что указанные изменения являются причиной токсического эффекта иона аммония, так как эти изменения были не столь значительными. По нашему мнению, снижение сырой и сухой массы опытных растений подсолнечника обусловлено нарушением поглощения воды в связи с деструктивными изменениями в корнях.

Выводы

1. Полученные нами данные не позволяют утверждать, что фосфаты оказывают повреждающее действие на растения подсолнечника при аммонийном питании.

2. Обнаружена тенденция к снижению суммарной концентрации катионов в тканях растений при аммонийном питании.

3. Не установлено значительного подкисления клеточного сока в листьях побегов подсолнечника при аммонийном питании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дикусар И. Г. Аммиак, нитраты и нитриты как источники азота для сахарной свеклы при различных рН питательной среды в условиях текучих растворов / Из результатов вегетац. опытов и лабораторных работ. — М.: ТСХА, 1926, т. 14, с. 287—306. — 2. Осмоловская Н. Г., Кренгауз Л. М. Влияние источников азотного питания на рост и ионный баланс растений. — Вестн. ЛГУ, 1975, № 3, с. 145—149. — 3. Прянишников Д. М. Аммиак, нитраты и нитриты как источники азота для высших растений. — В кн.: Из результатов вегетац. опытов и лабораторных работ. М.: ТСХА, 1926, т. 13, с. 1—235. — 4. Туева А. Ф. Фосфор в питании растений. — М.: Наука, 1966, с. 137—139. — 5. Турчин Ф. В. Взаимодействие азота, фосфора и калия в питании растений при использовании ими нитратных и аммонийных форм азота. — Агрехимия, 1964, № 5, с. 29—36. — 6. Чурич Р. Поглощение и обмен разных форм азота растениями в зависимости от температурных условий. — Физиология и биохимия культурных растений, 1974, вып. 4, т. 6, с. 352—357. — 7. Brair G. I., Miller M. H., Mitchell W. A. — Agr. J., 1970, vol. 62, N 4, p. 530—532. — 8. Deiaegere R., Michotte M., Neirinckx L. — Bull. Soc. Roy. Bot. Belg., 1975, vol. 102, N 2, p. 183—189. — 9. Hairasuliha S. — Plant and Soil, 1980, vol. 55, p. 133—138. — 10. Johnson C. M., Stout P. R., Broyer T. G., Carlton A. B. — Plant and Soil, 1957, vol. 8, p. 337—353. — 11. Jungk A. — Gartenbauwissenschaft, 1970, Bd 35, H. 1, S. 13—28. — 12. Kirkby E. A., — In: Ecological aspects of the Mineral nutrition of plants. Oxford and Edinburgh, 1965, p. 215—253. — 13. Kirkby E. A. — Soil Sci., 1968, vol. 105, p. 133—141.

Статья поступила 9 июня 1986 г

SUMMARY

The work was performed at the laboratory for Plant Physiology of the Timiryazev Academy. Fourteen days old sunflower plants of "Yenisey" variety grown in water culture were the object of the experiment. It has been shown that different concentration of phosphates in the nutrient medium does not essentially affect the toxic activity of ammonium ion. The tendency to lower potassium and calcium content in shoot tissues and lower amount of total phosphorus in the roots of experimental plants has been observed. Ammonium nutrition does not result in essential acidification of the leaves' cell. sap. Probably, the destructive effect of ammonium is due to upsetting the water flow through the root system.