

УДК 581.1:632.1

## ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА УГЛЕВОДНЫЙ ОБМЕН *PHASEOLUS VULGARIS*

Л.А. Филатова, М.Г. Кусакина, Н.В. Орлова

Пермский государственный университет, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

Изучалось влияние засоления на содержание углеводов у фасоли обыкновенной. Установлены различия в накоплении различных форм сахаров у растений.

Углеводы составляют до 80% от сухого вещества растительного организма. Растворимой частью этих соединений являются моно- и дисахара. Образуясь первично в процессе фотосинтеза, сахара уже в мезофилле используются как субстраты для метаболических реакций. В то же время они служат осмотически активными соединениями для поддержания клетки в тургорном состоянии. Уже в пределах той же клетки часть сахаров выделяется в фонд транслокации, поскольку именно сахара являются основной транспортной формой органических веществ в растениях (Холодова, 1978).

Система углеводного обмена выполняет еще одну функцию: участвует в адаптации растений к неблагоприятным внешним воздействиям. Особый интерес представляет вопрос о роли углеводов у растений в условиях засоления. На клеточном уровне в основе приспособительных процессов растений к осмотическому действию солей лежит биосинтез осмолитов в цитоплазме и накопление неорганических ионов в вакуолях (Briens, Larher, 1982).

Осмотический эффект-избыточная концентрация солей в почве приводит к недостатку воды в тканях растений. При длительном водном дефиците снижается активность ферментов синтеза и активируются гидролитические процессы, в частности гидролиз полисахаридов, что ведет к накоплению в тканях растворимых углеводов (Колупаева, Трунова, 1994).

В состоянии стресса перестройка углеводного обмена у растений заключается не только в увеличении концентрации растворимых углеводов, но и в изменении их распределения по компартментам, что является условием реализации их защитных функций (Колупаева, Трунова, 1994).

В связи с важностью такого рода показателей целью нашей работы явилось изучение особенностей углеводного обмена, сопоставление свободной и компартментированной фракций растворимых сахаров у растений фасоли на ранних этапах онтогенеза в условиях засоления.

Растения выращивали в водной культуре. Для этого предварительно замоченные и проросшие в отстоянной водопроводной воде семена помещали для дальнейшего роста по вариантам:

- 1) контроль – отстоянная водопроводная вода + питательная смесь Прянишникова (ПС);
- 2) 0,2% хлористый натрий + ПС;
- 3) 0,38% сернокислый натрий + ПС.

Осмотическое давление растворов соответствовало 0,14 МПа. Анализы проводили в 3 срока: на 7-й (1-й срок), 9-й (2-й срок) и 12-й (3-й срок) дни прорастания проростков.

Растворимые углеводы определяли по методу Хагедорн-Йенсена (Сказкин и др., 1958). До гидролиза определялись моносахара, после гидролиза – сумма всех растворимых углеводов. О содержании сахарозы судили по разнице этих двух результатов. В каждом опыте использовались два режима работы: для легкоизвлекаемой фракции, которую мы условно назвали свободной (СФ), экстракция проводилась в течение 10 мин.; для извлечения общего сахара (ОС) – 30 мин. По разнице этих двух результатов находили содержание трудноизвлекаемых сахаров – компартментированной фракции (КФ).

Как показали результаты наших исследований, у растений в вариантах с засолением, особенно с сульфатным, наблюдалось резкое повышение содержания растворимых сахаров по сравнению с контролем. Это повышение произошло за счет как моно-, так и в большей степени дисахаров. Действительно, в состоянии солевого стресса растения, как уже отмечалось, нуждаются в достаточном количестве углеводов, в чем многократно убеждались многие исследователи (Строгонов, 1973; Колупаева, Трунова, 1994 и др.).

При решении самых разных проблем физиологии растений необходимо учитывать характер компартментированности вещества в пределах отдельных зон клетки или ткани (Холодова, 1978). Компартментация проявляется в том, что в определенных физиологических процессах или биохимических реакциях участвует не вся масса присутствующего в клетке или ткани вещества, а только некоторая часть его. Необходимость компартментирования низкомолекулярных углеводов определяется многообразием функций, которые выполняют многие из них на уровне отдельной клетки.

Все методические приемы для изучения компартиментации базируются на обнаружении одного из двух основных проявлений неравномерности распределения сахаров – различий в концентрации или функциональной неоднородности (Ходос, 1975).

Как показали наши исследования (табл. 1), у растений в присутствии солей, особенно сульфатов, повысилось общее содержание растворимых сахаров как в свободной, так и в компартиментированной фракции, по сравнению с контролем, но при этом произошло перераспределение их моно- и диформ.

Таблица 1

**Содержание растворимых углеводов в свободной и компартиментированной фракциях (% на сырую массу)**

Срок исследования	Варианты опыта	СФ, М±m	КФ, М±m
1	Контроль	0.29±0.002	0.61±0.019
	NaCl	0.37±0.007	0.88±0.020
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.46±0.011	0.95±0.009
2	Контроль	0.25±0.003	0.67±0.020
	NaCl	0.39±0.010	0.85±0.014
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.43±0.013	0.96±0.031
3	Контроль	0.27±0.011	0.59±0.007
	NaCl	0.38±0.003	0.90±0.013
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.39±0.004	0.91±0.024

Моносахара увеличили свое содержание в свободной фракции, тогда как в компартиментированной их количество почти не изменилось (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание моносахаров в свободной и компартиментированной фракциях (% на сырую массу)**

Срок исследования	Варианты опыта	СФ, М±m	КФ, М±m
1	Контроль	0.13±0.003	0.34±0.004
	NaCl	0.24±0.002	0.32±0.011
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.27±0.008	0.37±0.003
2	Контроль	0.15±0.004	0.39±0.005
	NaCl	0.22±0.004	0.37±0.009
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.19±0.003	0.42±0.012
3	Контроль	0.16±0.004	0.31±0.005
	NaCl	0.22±0.002	0.41±0.013
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.19±0.004	0.39±0.004

При солевом воздействии регуляция осмотического давления осуществляется преимущественно

за счет биосинтеза в цитоплазме низкомолекулярных органических соединений – осмолитов, таких как пролин, глицин-бетаин, пинитол, маннитол. Они могут накапливаться в цитоплазме до концентраций в несколько сот микромолей на грамм. Необходимым условием образования пинитола и маннитола является наличие моносахаров (Алехина и др., 2005).

При участии моносахаров также образуются органические кислоты, которые, как отмечает Б.П. Строгонов (1973), могут связывать минеральные соли и переводить их в химически активные состояния.

По мнению А.Л. Курсанова (1976), особенно важны для превращения в цитоплазме вновь образованные, «молодые» продукты фотосинтеза, поскольку они состоят главным образом из фосфорилированных, т.е. активированных молекул, не требующих дополнительных энергетических затрат для вовлечения в активные процессы. К тому же, выходя из хлоропластов, эти вещества в первое время еще не защищены мембранами от прямого воздействия ферментов.

В содержании сахарозы, в отличие от моносахаров, было отмечено преимущественное увеличение ее компартиментированной фракции у растений опытных вариантов по сравнению с растениями в контроле (табл. 3). В свободной фракции эти изменения менее заметны и менее упорядочены. Очевидно, в компартиментированной форме сахароза – это тот фонд, который может быть востребован клеткой в случае необходимости.

Таблица 3

**Содержание сахарозы в свободной и компартиментированной фракциях (% на сырую массу)**

Срок исследования	Варианты опыта	СФ, М±m	КФ, М±m
1	Контроль	0.16±0.002	0.27±0.006
	NaCl	0.13±0.005	0.56±0.003
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.19±0.001	0.58±0.011
2	Контроль	0.10±0.004	0.28±0.010
	NaCl	0.17±0.003	0.48±0.008
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.24±0.005	0.54±0.015
3	Контроль	0.11±0.004	0.28±0.008
	NaCl	0.26±0.004	0.49±0.013
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.20±0.001	0.52±0.003

Помимо других функций сахароза может осуществлять регуляцию развития тканей. Согласно концепции Ю.В. Гамалея (1996) о клеточно-сетевой организации растений, рост их осуществляется посредством протекания потока ЭС (эндо-

плазматической сети) по градиенту давления из клетки в клетку, что инициирует их деление.

Таким образом, у растений в присутствии солей, особенно сульфатов, общее содержание растворимых сахаров возросло как в свободной, так и в компартиментированной фракции по сравнению с растениями в контроле. При этом произошло перераспределение их моно- и диформ. Первые увеличили свое содержание в свободной фракции, тогда как вторые – в компартиментированной.

### **Библиографический список**

- Алехина, Н.Д. Физиология растений / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др. М.: Академия, 2005. 640 с.
- Гамалей, Ю.В. Отток фотоассимилянтов в природных и экспериментальных условиях / Ю.В. Гамалей // Физиология растений. 1996. Т. 43, № 3. С. 328-343.
- Колупаева, Ю.В. Активность инвертазы и содержание углеводов в coleoptilyах пшеницы при гипертермическом и солевом стрессах / Ю.В. Колупаева, Т.И. Трунова // Физиология растений. 1994. Т. 41, № 4. С. 552-557.

Курсанов, А.Л. Транспорт ассимилянтов в растении / А.Л. Курсанов. М.: Наука, 1976. 646 с.

Сказкин, Ф.Д. Практикум по физиологии растений / Ф.Д. Сказкин, Е.И. Ловчиновская, М.С. Миллер, В.В. Анисеев. М.: Советская наука, 1958. 339 с.

Строгонов, Б.Л. Метаболизм растений в условиях засоления / Б.Л. Строгонов. М.: Наука, 1973. 52 с.

Ходос, В.Н. Роль компартиментов метаболитов в процессах регуляции и адаптации метаболизма в растительных клетках / В.Н. Ходос. Киев: Наукова думка, 1975. 254 с.

Холодова, В.П. Компартиментация сахаров в тканях растений / Рост растений. Первичные механизмы / В.П. Холодова; отв. ред. В.И. Кефели. М.: Наука, 1978. 289 с.

Briens M., Larher F. Osmoregulation in Halophytic Higher Plants: A Comparative Study of Soluble Carbohydrates, Polyols, Betains and Free Prolin // Plant, Cell Environ. 1982. Vol. 5. P. 287-292.

Поступила в редакцию 16.05.2009

## **Influence of salinization on the carbohydrates metabolism of *Phaseolus vulgaris***

L.A. Filatova, M.G. Kusakina, N.V. Orlova

Influence of salinization on the content of sugars in *Phaseolus* tissues was studied. The difference in accumulation of the various forms sugars is established in plants.