

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. А. ШАХОВ и Е. С. КАЧИНСКАЯ

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛЕТОЧНОГО  
СОКА ГАЛОФИТОВ

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 18 VII 1947)

Физико-химическая сторона солеустойчивости галофитов освещена в литературе очень слабо, что заставило нас, работая над эволюционно-экологической характеристикой галофитизма, уделить внимание физико-химическим свойствам клеточного сока галофитов. Приводимые материалы получены нами в 1946 г. при культивировании галофитов в вегетационных сосудах и на полевом экологическом участке Лаборатории эволюционной экологии растений (Москва).

В вегетационных сосудах выращивалась *Salsola soda* и *Salicornia herbacea* на видоизмененной питательной смеси Кноппа; на 8 кг песка внесено: 4 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и по 1 г  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  и  $\text{MgSO}_4$ . Проростки растений высажены в сосуды 1 VII. NaCl вносился в виде раствора постепенно равными дозами по вариантам засоления в течение первых 15 дней. Засоление NaCl составляло: 0,5 и 2% для *Salsola* и 1 и 2,5% для *Salicornia*. Полив производился водопроводной водой. Растения культивировались в оранжерее при влажности песка 90% от полной влагоемкости.

На экологическом участке выращивались *Atriplex verrucifera* и *Artemisia pauciflora*, привезенные с озера Эльтон. Участок имеет слабо подзолистую, тяжело суглинистую почву. Засоленная NaCl почва имеет pH около 7, незасоленная 5,8.

Для проведения анализов служил клеточный сок, выжатый прессом из растений при давлении 300 атм. \*. Показателем изменения количества солей в соке, определяемого электрометрически при 25°C мостиком Уитстона по методу Кольрауша, является величина удельной электропроводности сока  $K$ , выраженная в обратных омах. pH определялось электрометрически, вязкость — вискозиметром Оствальда.

Таблица 1  
Электропроводность клеточного сока *Salsola soda* ( $K \times 10^{-4}$ )

В а р и а н т	22 VIII	30 VIII	13 IX	17 IX	5 X	15 X
Контроль . . . . .	296,0	277,2	282,8	304,6	369,6	439,9
+ 0,5% NaCl . . . . .	304,6	400,8	430,9	448,0	480,4	566,6
+ 0,2% NaCl . . . . .	565,6	439,9	448,0	495,0	565,6	661,3

\* Клеточным соком здесь условно называется растительный сок, выжатый из растений под давлением.

Электропроводность клеточного сока увеличивается в течение вегетационного периода и по мере увеличения засоления субстрата (табл. 1).

Такая же закономерность наблюдалась нами у *Salicornia herbacea*, *Atriplex verrucifera* и *Artemisia pauciflora*. Установлено (1), что с повышением количества хлоридов в почве растет и количество хлора в растениях, при этом большей удельной электропроводности сока и большому содержанию хлора обычно соответствует меньшее количество сахаров, и наоборот.

В связи с отмеченной особенностью клеточного сока представляло интерес определить его реакцию (табл. 2 и 3).

Таблица 2

рН клеточного сока *Salsola soda*

Вариант	22 VIII	30 VIII	13 IX	9 X	18 X
Контроль . . .	6,34	6,34	6,90	6,43	6,00
+ 0,5% NaCl . .	7,18	7,04	7,04	6,60	7,20
+ 2% NaCl . . .	7,26	6,97	7,31	7,21	7,00

Таблица 3

рН клеточного сока *Atriplex verrucifera*

Вариант	9 VIII	14 VIII	19 IX	7 X
Контроль . . .	6,47	6,36	6,75	7,00
+ 0,1% NaCl . .	6,64	6,53	6,66	7,08

Как видно, растения главным образом засоленных вариантов обладают реакцией, близкой к нейтральной или даже слабо щелочной, что указывалось и в литературе (2,3). С увеличением засоления рН сока увеличивается, переходя от слабо кислой или нейтральной к слабо щелочной, что также подтверждается данными табл. 4.

Таблица 4

рН и электропроводность клеточного сока *Salicornia herbacea*

Вариант	рН	Электропроводность ( $K \times 10^{-4}$ )
Контроль . . . . .	6,43	304,6
+ 1% NaCl . . . . .	6,72	396,0
+ 2,5% NaCl . . . . .	7,14	661,3

В литературе отмечалось, что повышение содержания электролитов в соке галофитов сопровождается уменьшением количества сахаров (1), щелочные соли понижают вязкость белковых растворов (4), увеличение концентрации КСl снижает вязкость клеточного сока сахарной свеклы (5). Поэтому в наших опытах следовало ожидать падения вязкости сока с засолением. Однако табл. 5 показывает более сложную зависимость.

В ряде случаев вязкость сока является наибольшей при засолении 0,5% NaCl, понижаясь к контролю и сильному засолению (20%); в конце

Таблица 5

Вязкость клеточного сока *Salsola soda* (при 25°C)

Вариант	22 VIII		17 IX		5 X		18 X	
	относ. сит.	абсол.	относ. сит.	абсол.	относ. сит.	абсол.	относ. сит.	абсол.
Контроль . . . . .	1,030	1,034	1,090	1,130	1,502	1,559	1,645	1,908
+ 0,5% NaCl . . . . .	1,059	1,121	1,305	1,643	1,414	1,700	1,420	1,579
+ 2% NaCl . . . . .	1,040	1,080	1,258	1,467	1,402	1,616	1,430	1,601

вегетационного периода вязкость сока контрольных растений более, чем сильно засоленных. В целом вязкость клеточного сока с августа по октябрь увеличивается во всех трех вариантах. Установлено, что вязкость протоплазмы клеток гликофитов с возрастом увеличивается (6). По величине максимальной вязкости сока осенью исследованные нами галофиты располагаются в следующий ряд по возрастанию вязкости: *Salicornia herbacea*, *Salsola soda*, *Atriplex verrucifera*, *Artemisia pauciflora*.

Отсутствие уменьшения вязкости в ряде случаев при засолении 0,5% NaCl дало повод предполагать, что это явление неслучайное. Из работ Б. А. Келлера (7,8), А. А. Рихтера (9) и др. известно, что для мясистых солянок поваренная соль в определенных концентрациях может быть фактором, благоприятно действующим на их общее развитие. В наших опытах такими благоприятно действующими концентрациями NaCl были: 0,5% для *Salsola* и 1% для *Salicornia*. Кроме того, в литературе указывается на возможность связывания минеральных элементов органическими веществами (4,10).

Все это дало нам основание предполагать, что отмеченное в некоторых случаях увеличение вязкости сока при оптимальном засолении обусловлено связыванием ионов органическими веществами растительной клетки. С целью проверки этого нами проведен диализ клеточного сока. Определенное количество сока помещалось в коллодиевый мешочек, который в свою очередь погружался в сосуд с дестилированной водой (11). В течение дня вода менялась через каждые 2 часа. Диализ продолжался 24 часа. Данные представлены в табл. 6.

Таблица 6

Диализ клеточного сока *Salsola soda*  
(электропроводность  $K \times 10^{-4}$ )

В а р и а н т	14 IX		5 X		9 X		19 X	
	до диализа	после диализа	до диализа	после диализа	до диализа	после диализа	до диализа	после диализа
Контроль . . . . .	282,8	0,68	304,6	0,99	369,6	1,03	439,9	0,70
+ 0,5% NaCl . . . . .	439,9	0,79	439,9	3,56	480,4	1,88	565,6	0,63
+ 2% NaCl . . . . .	448,0	0,48	495,0	2,30	565,5	1,04	661,3	3,76

Результаты диализа показывают, что электропроводность клеточного сока после диализа уменьшается различно в зависимости от засоления субстрата и количества электролитов в соке. За исключением одного случая (19 X), наибольшей электропроводностью обладает диализированный сок растений оптимального засоления. Вероятно, в этом варианте засоления происходит наибольшее связывание минеральных ионов. Одной из возможных реакций связывания минеральных ионов разнообразными органическими веществами растительной клетки при засолении хлопчатника считается связывание хлора альбумином (10).

Таким образом, есть основание считать, что инактивация минеральных ионов путем связывания их с органическими веществами предохраняет плазменные белки и форменные элементы клетки галофитов от ядовитого действия нейтральных солей и способствует повышению вязкости клеточного сока.

Проведенные опыты показали:

1) Удельная электропроводность клеточного сока галофитов увеличивается в течение вегетационного периода и по мере увеличения засоления субстрата.

2) Клеточный сок галофитов засоленных вариантов обладает реакцией, близкой к нейтральной или слабо щелочной.

3) Связывание минеральных ионов органическими веществами клеток способствует повышению вязкости клеточного сока исследованных галофитов.

Институт леса  
Академии Наук СССР

Поступило  
21 VI 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Д. А. Шутов и др., Тр. Азерб. ФАН, 15 (1936). <sup>2</sup> С. И. Кокина, Бот. журн. СССР, 24, № 1 (1939). <sup>3</sup> W. Ruhland u. K. Wetzel, Planta, 3 (1927). <sup>4</sup> В. Паули и Э. Валько, Коллоидная химия белковых веществ, 1936. <sup>5</sup> Р. А. Барина и Т. Т. Демиденко, Изв. АН СССР, сер. биол., № 1 (1944). <sup>6</sup> Н. А. Максимов и Л. В. Можяева, ДАН, 42, №№ 5 и 6 (1944). <sup>7</sup> Б. А. Келлер, Вестн. опытно-дело, № 1—2 (1921). <sup>8</sup> Б. А. Келлер, Тр. Ботан. оп. ст., 1 (1929). <sup>9</sup> А. А. Рихтер, Журн. оп. агроном. Юго-Востока, 3, в. 2 (1927). <sup>10</sup> Б. П. Строганов, ДАН, 54, № 9 (1946). <sup>11</sup> А. В. Думанский, Учение о коллоидах, 1937.