

УДК [58.02:581.522.5](581.526.52)

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ *SALICORNIA EUROPAEA* L.

*Жалдак С. Н.*

Растения в процессе своего роста и развития сталкиваются с разнообразными условиями существования. Любой фактор окружающей среды (биотический и абиотический) имеет свои пределы изменчивости и может быть выражен в минимуме, оптимуме, максимуме. Неотъемлемым свойством растительного организма является его способность адекватно реагировать на любые внешние изменения, и только экстремальные воздействия вызывают в нем необратимые последствия [1]. Каждый вид обладает своей универсальной и, в то же время, специфической нормой устойчивости к изменяющимся условиям произрастания. Наиболее эволюционно прогрессивной формой устойчивости у растений признана толерантность, так как связана с сохранением жизнедеятельности особи при наступлении стрессовых условий [2]. В этом случае наиболее интересна эколого-физиологическая группа растений засоленных местообитаний – галофитов. Одним из важнейших факторов, ограничивающих возможность произрастания большинства растений на засоленных почвах, является осмотическое и токсическое действие ионов солей [3; 4]. Галофиты, в процессе своего индивидуального развития, образуют целый комплекс адаптивных анатомо-физиологических признаков, позволяющих переносить избыток солей в почве [3; 5]. Проведенные ранее исследования касались в основном физиолого-биохимических особенностей галофитов [5; 6; 7]. Так, поддержание гомеостаза суккулентных эугалофитов обусловлено интенсивным поглощением ионов солей. Данная закономерность позволяет растению потреблять воду и питательные вещества из засоленного почвенного раствора. У гликогалофитов водообеспечение достигается накоплением осмотически активных органических кислот и углеводов. Протекающие в клетках физиолого-биохимические процессы тесным образом связаны со структурной организацией самого индивидуума [4; 8]. Следовательно, сопоставление анатомических особенностей растений из различных местообитаний позволяет выяснить, какие именно признаки строения являются адаптивными к меняющимся условиям существования [8]. Наряду с

общим строением представителей этой группы, в ряде работ имеются экспериментальные данные, отражающие анатомо-структурные изменения галофитов при повышении концентрации ионов солей ( $[Cl^-]$  и  $[SO_4^{2-}]$ ) в растворе [1; 3]. Было установлено варьирование количества структурных элементов покровных тканей криногалофитов и усиление галосуккулентности органов эугалофитов при возрастании засоленности [3; 4; 9]. Все эти исследования проводились в лабораторных условиях, что в какой-то мере оказывало влияние на полученные результаты. Кроме того, практически не рассматривался вопрос влияния конкуренции на анатомическое строение эугалофитов [10]. Поэтому, актуальным на данный момент является изучение структурно-адаптационных особенностей галофитов в естественных условиях произрастания для решения вопросов, касающихся солеустойчивости растений и повышения продуктивности культурных фитоценозов на засоленных территориях.

В данной работе ставилась цель проанализировать особенности анатомического строения *S. europaea* в условиях внутривидовой конкуренции и различной степени засоленности экотопа.

#### Материалы и методы

Изучаемый объект – *Salicornia europaea* L. (Chenopodiaceae), однолетний эугалофит, произрастающий на солончаках [4,5].

Исследования проводили в течение всего периода вегетации *S. europaea* (лето-осень 2002 г.) в моноценозах ассоциации *Salicornietum rigum* (общее проективное покрытие 60-75%) на берегу соленого озера Сасык (Северо-Западный Крым).

В данной ассоциации, были выбраны две ценопопуляции *S. europaea*, произрастающие на различных по степени засоленности экотопах (условно: ЦI) (общая засоленность 2,21%); ЦII (=4,07%). Для района произрастания характерен хлоридный тип засоления почвы (содержание  $[Cl^-]$ , примерно в три раза превышает концентрацию  $[SO_4^{2-}]$ ).

Для анатомического анализа в каждой ценопопуляции *S. europaea* в начале цветения растений (вторая декада августа) была сделана выборка по 50 особей (контроль). Поскольку при исключении влияния на растения ценофитического фактора четко проявляется потенциальная изменчивость особей в популяции [11], нами был проведен эксперимент, исключающий конкурентные воздействия на особь со стороны соседей. Для этого в ЦI и ЦII случайным образом отбирались по 25 особей (опыт), и от основания стебля каждого растения в радиусе фитогенного поля *S. europaea* (10-15 см.) [12] удалялись все его ближайшие соседи. Данный эксперимент проводили в начале вегетационного

сезона *S. europaea* (первая декада июня). К моменту формирования генеративной сферы (вторая декада августа) опытные растения были собраны.

Приготовление анатомических препаратов, измерение и подсчет анатомических структур *S. europaea* проводили по стандартной методике [13]. Полученные результаты обработали с помощью методов математической статистики [14].

### Результаты и обсуждение

Основу любого растительного сообщества составляет совокупность входящих в её состав растений, находящихся в тесной взаимосвязи друг с другом [15]. Дефицит вещественно-энергетических ресурсов, создаваемый растениями включенными в фитоценоз, приводит к возникновению конкурентных взаимоотношений между ними [11,12,15-17]. Недостаток в почве определенных элементов питания вызывает в растениях различные нарушения, вначале протекающие скрытно (первичный минеральный стресс), а затем обнаруживаемые визуально (отставание в росте, изменение формы тела и т.д.) [12,15,17]. Строение эпидермы *S. europaea* показало, что конкурирующие растения из обеих ценопопуляций, характеризуются значительным сокращением длины эпидермальных клеток, толщины хлорофилоносной паренхимы и увеличением количества устьиц на  $\text{мм}^2$  (Табл. 1).

Усиление ксероморфности исследуемых признаков у контрольных растений связано с тем, что в моноценозах *S. europaea* наблюдается корневая конкуренция за ресурсы среды, а именно за почвенный азот [17]. Недостаточное обеспечение растения элементами минерального питания, особенно азотом, сказывается на росте клеток, приводя к мелкоклеточности тканей.

Реакция растений на отклонение факторов среды от оптимума проявляется в их пластичности, направленной на поддержание жизнеспособности вида [18,19]. В зависимости от силы влияния факторов среды, пластичность проявляется в закономерном изменении различных параметров. Для *S. europaea* оптимальная концентрация хлористого натрия в почве составляет 2-3 % [1,3]. В нашем исследовании, полевая влажность почвы (%), находится в пределах экологического оптимума вида (ЦI = 23,39±2,41%; ЦII = 35,96±2,87%) и, в данном случае, не является лимитирующей [3]. Самый высокий уровень засоленности экотопа отмечен для второй ценопопуляции (ЦII) (4,07%). Такая концентрация NaCl в почве приближается к пороговому значению засоленности субстрата, при которой происходит угнетение роста и развития *S. europaea* [3,5]. При увеличении засоленности экотопа у контрольных и опытных растений отмечены структурно-адаптационные изменения, направленные на поддержание равновесия со средой обитания. Это проявляется в сокращении количества основных эпидермальных клеток с  $696,21 \pm 20,40$

Таблица 1

Влияние эколого-ценотических факторов на анатомические структуры *Salicornia europaea* L.

Показатель	популяция	Количественная характеристика ( $\bar{x}_p \pm m_x$ )	
		Контроль (n=50)	Опыт (n=25)
Плотность эпидермальных клеток, шт./мм <sup>2</sup>	I	696,21±20,40	637,93±16,6
	II	420,10±8,67	387,3±14,9
Длина эпидермальной клетки, мкм.	I	20,37±2,61	26,12±1,90
	II	38,35±2,61	53,82±4,59
Высота эпидермальной клетки, мкм	I	11,52±0,83	15,09±1,31
	II	18,35±1,44*	19,61±2,21*
Плотность устьиц, шт./мм <sup>2</sup>	I	211,37±10,81	189,46±7,14
	II	93,6±4,34	78,46±3,60
Длина устьичной щели, мкм	I	18,60±2,21*	18,98±0,47*
	II	21,52±1,18*	20,85±3,65*
Толщина хлоренхимы, мкм	I	197,85±14,34	279,95±28,47
	II	102,77±11,18	147,25±9,63
Толщина водоносной паренхимы, мкм	I	322,84±5,13	347,11±11,26
	II	757,16±7,48*	743,24±23,56*
Диаметр сосудов ксилемы, мкм	I	3,14±0,05	3,87±0,08
	II	5,81±0,08	5,46±0,02

Примечание: \*-отмечены средние, различия между которыми не достоверны ( $P > 0,05$ ).

до  $420,10 \pm 8,67$  и увеличением их высоты с  $11,52 \pm 0,83$  мкм. до  $18,35 \pm 1,44$  мкм., что приводит к снижению потерь воды *S. europaea* при транспирации (Табл.1). Причем, возрастающая оводненность и относительная емкость растений из ЦII, связана с более мощным развитием водозапасающей паренхимы. Её толщина примерно в 2 раза выше у особей (контроль-опыт), выросших в условиях повышенной засоленности (ЦII) и отличающихся хорошо развитой водопроводящей системой (диаметр сосудов ксилемы растений из CI =  $3,14 \pm 0,05$  мкм.; ЦII =  $5,81 \pm 0,08$  мкм.). Подобные анатомические изменения помогают *S. europaea* противостоять негативному влиянию чрезмерного почвенного засоления, так как направлены на поддержание концентрации солей в клеточном соке на постоянном уровне. Следует отметить, что достоверных различий между средними таких параметров, как высота эпидермальных клеток и толщина водоносной паренхимы контрольных и опытных растений из ЦII установлено не было ( $P > 0,05$ ). Практически одинаковое развитие тканей, выполняющих водозапасающую функцию у контрольных особей, позволяет им существовать на почвах с высоким содержанием солей в условиях внутривидовой конкуренции.

Таким образом, сложная структурная организация особи и её динамический характер обеспечивают целостность и индивидуальность растительного организма при действии внешних факторов. Данная особенность в дальнейшем обуславливает устойчивость и сохранение вида в фитоценозе.

### Список литературы

1. Двораковский М. С. Экология растений. – М.: Высшая школа, 1983. – 190с.
2. Юсуфов А.Г. Лекции по эволюционной физиологии растений. – М.: Высшая школа, 1996. – 255с.
3. Шахов А.А. Солеустойчивость растений. – М.: АН СССР, 1956. – 552 с.
4. Строгонов Б.П. Метаболизм растений в условиях засоления. – М.: Наука, 1973. – 51 с.
5. Генкель П. А., Антипов Н. И. Водный режим эвгалофитов в природной обстановке // Физ.раст. – 1956. – Т. 3. – №4. – С. 337 –342.
6. Мейчик Н. Р., Николаева Ю. Н., Ермаков И. П. Поведение клеточной стенки галофита *Suaeda altissima* L. в условиях солевого стресса // Вестник Башк. ун-та. – 2001. – Т.2. – №2. – С. 100 –103.
7. Davy A. J., Bishop G. F., Closta C. S. Biological flora of the British Isles. 219. *Salicornia* L. // J.Ecol. – 2001. – V.89. – №4. – P. 681 –707.
8. Василевская В. К. Структурные приспособления растений жарких и холодных пустынь Средней Азии и Казахстана // Пробл. совр. бот. – 1965. – Т.2. – С. 5 –17.
9. Dend Y., Yancheng J. Xeromorphic structure of leaves and assimilated branches of ten species growing in saline habitats // Pytoecol. sin. – 1998. – V. 22. – №2. – P. 198 – 200.
10. Жалдак С. Н. Экспериментальное изучение влияния конкуренции на анатомические структуры растений галофитных сообществ Крыма // Уч. зап. ТНУ Серия биология. – 2001. – Т. 14 (53). – №3. – С.50 – 56.
11. Титов Ю.В. Эффект группы у растений. – Л.: Наука, 1978. – 151 с.
12. Котов С.Ф. Конкуренция и размерная структура ценопопуляций *Salicornia europaea* L. (*Chenopodiaceae* Vent.) // Ученые записки ТНУ. Серия биология. – 2001. – Т. 14(53). – С. 43 – 49.
13. Фурст Г. Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. – Л.: Наука, 1979. – 155 с.
14. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
15. Норин Б.Н. Растительное сообщество, как система // Ботан. журн. – 1980. – т. 65. – №4. – С. 478 –484.
16. Куркин К. А. Фитоценотическая конкуренция. Системная взаимосвязь между парциальными давлениями конкуренции за различные ресурсы // Ботан. журн. - 1986. – Т. 71. – №6. – С. 723 – 732.
17. Котов С. Ф. Конкуренция в сообществах галофитов при двух уровнях почвенного плодородия // Укр. ботан. журн. – 1997. – Т. 54. – №6. – С. 525 – 528.
18. Злобин Ю. А. Структура фитопопуляций // Успехи совр. биолог. – 1996. – Т. 116. – №2. – С. 133 –146.
19. Weiming Z. Plants respond to environmental coditons // Jircas Newslett. Int. Collab. – 1997. – №10. – P. 8 – 19.

Поступила в редакцию 01.04.2003 г.