

# БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 581.1

*Н.А.Иванова*  
Нижневартовск, Россия  
*Л.М.Музычко*  
Костанай, Казахстан

*N.A.Ivanova*  
Nizhnevartovsk, Russia  
*L.M.Muzychko*  
Kostanay, Kazakhstan

## АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТЬЕВ У РАСТЕНИЙ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ

## LEAF ANATOMY OF THE PLANTS GROWING IN SALINE SOILS

**Аннотация.** На засоленных почвах Северного Казахстана, преимущественно Костанайской области, изучены особенности анатомической структуры листьев. В соответствии с классификацией Ю.В.Гамалей в условиях слабого и среднего засоления почв наиболее широко представлены растения с различным типом склероморфной структуры листьев. На сильно засоленных почвах преобладали растения с суккулентным типом строения.

**Ключевые слова:** засоленные почвы, лист, склероморфный лист, злаки фестукоидного типа, злаки арундиноидного типа, хлоридоидные злаки, суккулентные листья, сульфатно-хлоридное засоление, хлоридно-сульфатное засоление.

**Сведения об авторах:** Иванова Нина Александровна<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, профессор кафедры экологии; Музычко Людмила Михайловна<sup>2</sup>, доцент кафедры биологии и географии.

**Место работы:** <sup>1</sup> Нижневартовский государственный университет; <sup>2</sup> Костанайский государственный педагогический институт.

**Контактная информация:** <sup>1</sup> 620000, г.Екатеринбург, ул.Восточная, д.88а, кв.96, тел.: (919)5333170; <sup>2</sup> 110000, Казахстан, г.Костанай, ул.Альфараби, д.38, кв.49.

E-mail: <sup>1</sup> Maximus8884@mail.ru; <sup>2</sup> uni@nggu.ru

**Abstract.** Distinctive features of leaf anatomy of plants growing in saline soils of Northern Kazakhstan, mainly in Kostanay Oblast, were studied. According to Y.V.Gamaley's classification, plants of different skleromorphic leaf structures prevail in soils with low and medium soil content, whereas high salinity soils are dominated by succulent plants.

**Key words:** saline soils, leaf, skleromorphic leaf, festucoid grasses, arundinoid grasses, chloridoid grasses, succulent leaves, sulphate-chloride salinity, chloride-sulphate salinity.

**About the author:** Nina Alexandrovna Ivanova<sup>1</sup>, Candidate of Biological Sciences, professor at the department of ecology; Lyudmila Mikhailovna Muzychko<sup>2</sup>, Associate Professor at the Department of Biology and Geography.

**Place of employment:** <sup>1</sup> Nizhnevartovsk State University; <sup>2</sup> Kostanay State Pedagogical University.

Растения подвержены действию внешних экологических факторов окружающей среды, в том числе абиотических [2]. Среди них много стрессовых, к таким факторам относятся и засоление почвы. Засоленные почвы мира занимают более 7% суши [5. С. 20—25].

Адаптация растений к условиям засоления почвы идет на различных уровнях их организации. Особенность строения листьев является широко применяемым признаком для оценки взаимоотношения растений и среды [1; 4].

Исследования были проведены на почвах преимущественно Костанайской области и частично Кокчетавской. Изучение химического состава почв проводили по Аринушкиной.

На исследуемых участках почвы имели высокий процент хлоридов (от 0,6 до 1,3%) и сульфатов (0,9—1,35%).

Исследуемые почвы в Костанайском районе содержали средний и высокий процент сульфат- и хлорид-ионов, т.е. засоление данных почв является смешанным. В окрестностях г.Костаная хлориды преобладали над сульфатами, т.е. наблюдалось сульфатно-хлоридное засоление. Эти почвы можно отнести к средnezасоленным, высокозасоленным и солонцам.

Анатомические особенности листьев изучали на поперечных срезах листьев, сделанных в бузине, с помощью рисовального аппарата РА-4 на видах растений — наиболее распространенных представителях, произрастающих в условиях сильного, среднего и слабого засоления почвы. С целью выявления более контрастных закономерностей в строении листьев и корней у истинных галофитов мы привлекали для сравнительного анализа виды, которые не относятся к типичным галофитам, но обладают довольно высокой солеустойчивостью и растут в условиях среднего и слабого засоления. Всего было изучено 60 видов.

Анатомические особенности строения листьев растений, произрастающих в условиях засоления на всех изученных ценозах, позволили нам выделить несколько групп, согласно классификации Ю.В.Гамалей [1].

Наиболее многочисленными были растения, произрастающие в условиях слабого и среднего засоления почв и имеющие склероморфный тип листа. Он характеризуется следующими признаками: мезофилл плотный, многослойный, составлен целиком из клеток палисадного типа. Эпидерма однослойная, одинаковая на обеих сторонах листа. Проводящие пучки коллатеральные с большим количеством склеренхимы. Обкладки проводящих пучков расположены часто прямо в палисадной паренхиме. Склероморфные листья отличаются большим объемом хлоренхимы (55—60%) и очень малым объемом межклетников (10—15%).

Данный тип строения листа характерен для следующих растений: одуванчик лекарственный, девясил каспийский, ромашка зелёная, клоповник сорный, горец птичий, донник лекарственный, лапчатка гусиная, конопля посевная, коровяк фиолетовый, блошница, грыжник, шалфей луговой и т.д. (рис. 1). Склероморфную структуру листьев имели до 65% всех видов. Среди склероморфных листьев, по классификации Гамалей, выделено три группы.

Первая, признаки которой описаны выше, представлена наиболее широко (рис. 1).

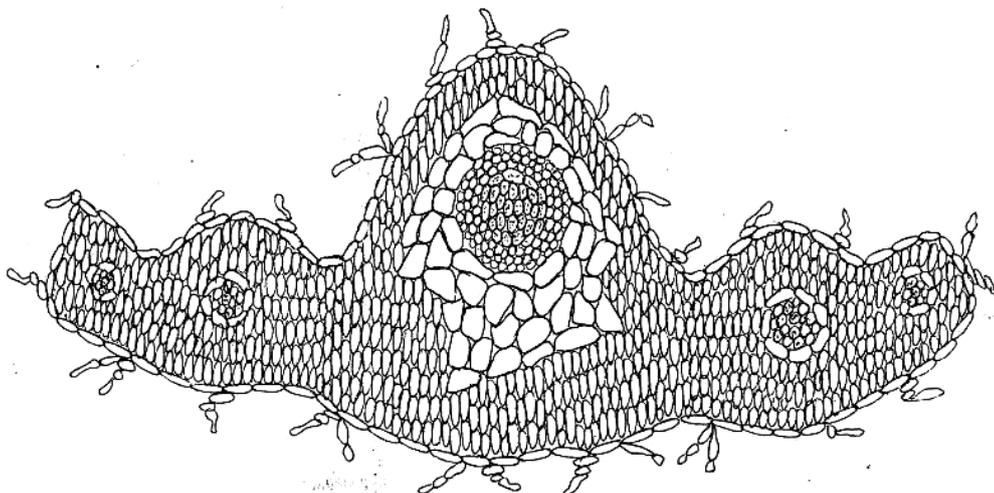


Рис. 1. Анатомическая структура листа полыни высокой *Artemisia procera* (склероморфный тип)

Вторая включает злаки фестукоидного и арундиноидного типов, имеющие склероморфные листья, с характерной для злаков морфологией и анатомией (рис. 2). Мезофилл гомогенный, сложенный из клеток нерегулярной формы, плотный, с малым объемом межклетников. Эпидерма однослойная. Гиподерма склеренхимная, одно-, двухслойная. Все пучки имеют двойную обкладку: наружную, паренхимную, и внутреннюю, склеренхимную, обе обкладки мелкоклеточные. У всех растений листья сильно склерифицированы.

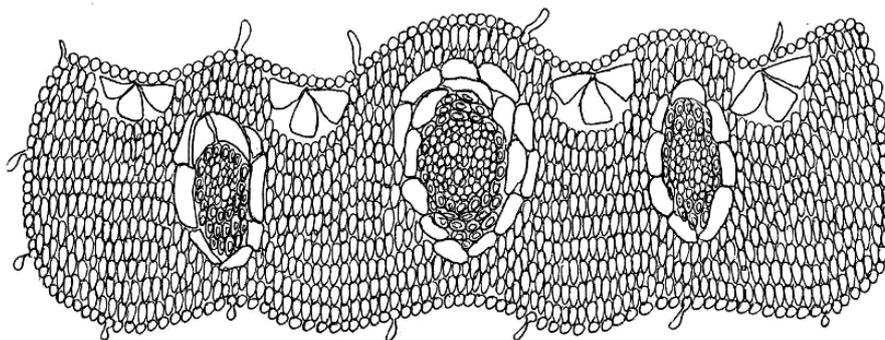


Рис. 2. Анатомическая структура листа ячменя гривистого *Hordeum gubatum* (склероморфный тип)

По морфологии и анатомии листья злаков сильно отличаются от склероморфных двудольных растений, но по процентному соотношению тканей различия невелики. Объем хлоренхимы меньше, и составляет 40—50%, объем межклетников 10—15%, проводящих тканей — 8—12%, склеренхимы вместе с обкладкой 15—20%.

Спецификой в анатомии листьев злаков является шарнирная (моторная) ткань, ее объем может составлять 2—15%.

Третья группа склероморфных листьев включает хлоридоидные и аристоидные злаки, которые отличаются от злаков предыдущей группы радиальным (корончатым) строением мезофилла и дифференцируемостью его на две ткани: хлоренхиму и хлоренхимную обкладку пучков (рис. 3—4). Однослойная, прерываемая склеренхима состоит из узких клеток палисадного типа. Объем хлоренхимы у злаков этой группы по сравнению с предыдущей значительно ниже (вместе с хлоренхимной обкладкой не более 30—35%), объем межклетников выше — до 20%.

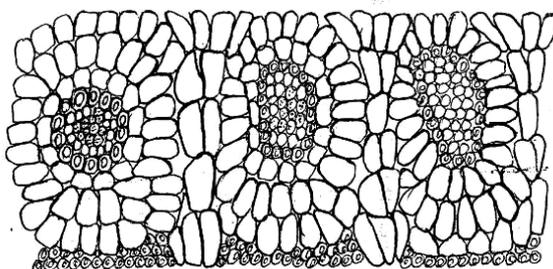


Рис. 3. Анатомическая структура листа лисохвоста лугового *Alopecurus pratensis* (хлоридоидный тип)

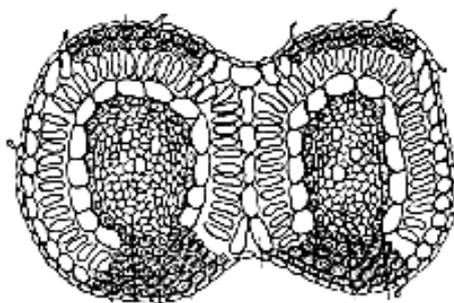


Рис. 4. Анатомическая структура листа прибрежницы солончаковой *Aeluropus littoralis* (склероморфный тип листьев с аристоидным типом обкладки)

На сильно засоленных почвах преобладают растения с суккулентным типом строения листьев (рис. 5—9). Мезофилл изолатеральный или центральный, двух-, трехслойный, непрерывный или разделённый водоносной паренхимой на отдельные тяжи, в последнем случае сходен с радиальным (корончатым) мезофиллом.

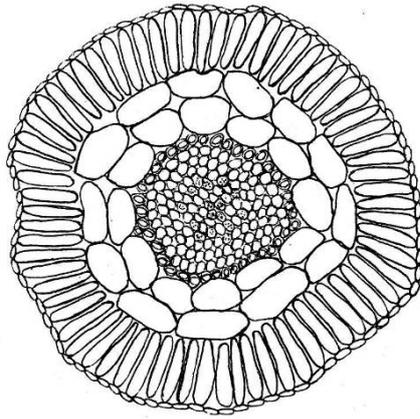


Рис. 5. Анатомическая структура листа очитка пурпурного *Sedum purpureum* (суккулентный тип)

Мезофилл сложен из клеток палисадного типа, длина которых сокращается от наружного к внутренним слоям. Плотность мезофилла невысокая, межклетники крупные. Эпидерма у большинства видов однослойная, крупноклеточная, с большим числом идиобластов. Водоносная ткань представляет собой гипертрофированное пучковое влагалище — это рыхлая ткань, составленная из крупных сильно вакуолизованных клеток.

Парциальный объем мезофилла и водоносной паренхимы варьирует в пределах 25—50% (суммарный их объем 65—70%), объем межклетников у суккулентов 20—25%.

Вторая группа суккулентов объединяет виды семейства *Chenopodiaceae* с антриплекоидными, кохиоидными, сальзолоидными листьями. Все они отличаются от суккулентов предыдущей группы наличием в листьях хлоренхимной обкладки вокруг проводящих пучков. Мезофилл атриплекоидных и кохиоидных листьев радиальный, сальзолоидных — центрический. Все листья у растений данной группы имеют одинаковое расположение проводящих пучков, хлоренхимных обкладок и хлоренхимы.

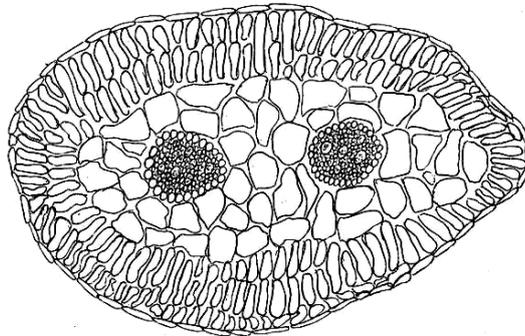


Рис. 6. Анатомическая структура листа камфоросмы марсельской *Camphorosma monspeliacum* (суккулентный тип)

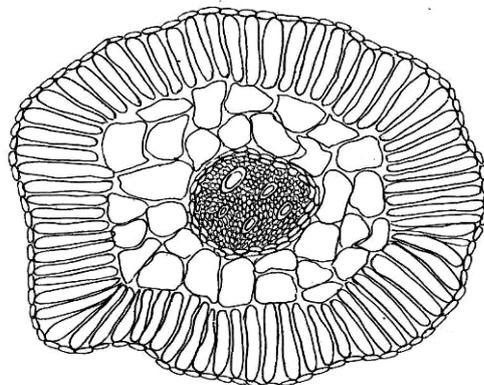


Рис. 7. Анатомическая структура листа солянки древовидной *Salsola dendroides* (суккулентный тип)

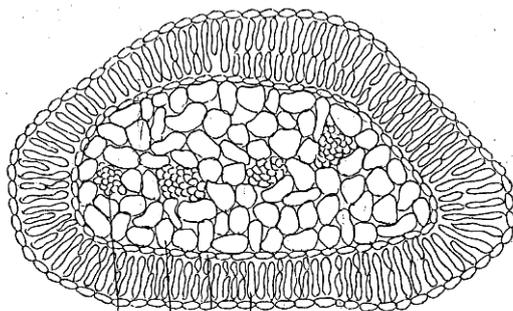


Рис. 8. Анатомическая структура листа сведы стелюшейся *Suaeda forsk* (суккулентный тип)

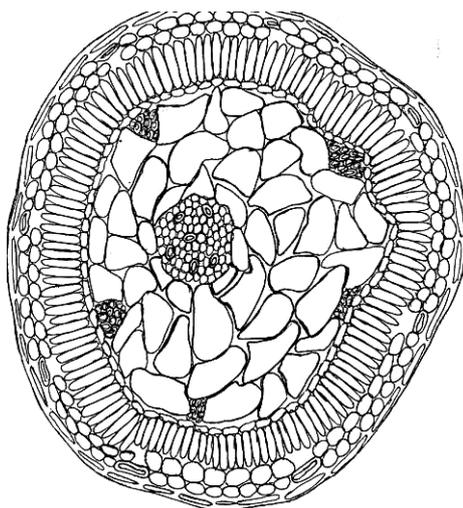


Рис. 9. Анатомическая структура листа солероса европейского *Salicornia europaea* (суккулентный тип)

Двуслойная хлоренхимная корона может формироваться вокруг каждого пучка (атриплекоидный подтип). Кохиоидный подтип является промежуточным.

На основе изучения анатомического строения листьев мы сделали заключение, что в условиях крайнего засоления преобладают растения с суккулентным типом листьев, имеющие САМ-тип или  $C_4$ -путь фиксации  $CO_2$ , в условиях слабого, среднего засоления, в основном виды со склероморфным типом листьев. Полученные результаты согласуются с литературными данными о том, что хлоридное засоление почвы формирует суккулентный тип листьев.

Для листьев суккулентного типа характерно увеличение объема водоносной паренхимы, уменьшение объема мезофилла.

Суккулентный тип листьев характерен для следующих семейств: Маревые (*Chenopodiaceae*), Толстянковые (*Crassulaceae*), Ситниковые (*Juncaginaceae*), Подорожниковые (*Plantaginaceae*). Большинство растений, имеющих данный тип листьев, относятся к  $C_4$ -растениям или переходному между  $C_4$ -путем и фиксацией углерода по типу Толстянковых. Они способны функционировать в крайних экологических условиях: аридность, засоление почвы, высокие положительные температуры.

Сравнительный анализ суккулентного и склероморфного типов листьев показывает, что наиболее приспособленными к условиям засоления являются растения-суккуленты, это абсолютные галофиты. Растения со склероморфным типом листа в основном факультативные галофиты. Данные виды хорошо приспособлены к условиям засоления и часто переносят довольно высокие концентрации солей, однако их рост в этих условиях не является максимальным. Исследования, проведенные нами, показали, что в условиях отсутствия солей в почве данные растения имеют более высокую скорость роста и накапливают большой биологический урожай. Условия засоления для факультативных галофитов

не являются оптимальными для создания биологической продуктивности и роста [З. С. 274—275].

Таким образом, на основе полученных данных можно предположить, что в процессе эволюции приспособительные признаки к высоким концентрациям солей проявляются у ксерофитов, но максимально они выражены у суккулентов.

На засоленных почвах присутствуют растения со всеми типами фиксации  $\text{CO}_2$ , при этом процент кальвиновских видов составляет до 56%, растений  $\text{C}_4$ -, САМ-пути и переходных между  $\text{C}_4$ -, САМ-путями до 44%. Это все растения из семейства Маревых, Толстянковых, некоторые представители Злаковых, Подорожниковые, Свинчатковые, Ситниковые.

Среди кальвиновских видов встречаются также высокоустойчивые к солям виды: сосюра горькуша, астра солончаковая, все виды полыни.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гамалей Ю.В. Анатомия листа у растений пустыни Гоби // Ботанический журнал. 1984. № 5.
2. Иванова Н.А., Юмагулова Э.Р. Эколого-физиологические механизмы адаптации и типы стратегии сосудистых растений верховых болот. Ханты-Мансийск, 2010.
3. Иванова Н.А., Музычко Л.М. Эколого-физиологические особенности и биохимические изменения растений на засоленных почвах. Кустанай, 1994.
4. Строганов Б.П., Кабанов В.В., Шевякова Н.И. Структура и функции клеток растений при засолении. М., 1970.
5. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З., Савченко И.В. Галофитные растения России, их экологическая оценка и использование. М., 2000.