

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ МЕЗОФИЛЛА ЛИСТЬЕВ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ ОДНОДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ

Г.К. Зверева

Новосибирский государственный педагогический университет,
630126, Новосибирск, ул. Вилуйская, 28, e-mail: labsp@ngs.ru

Рассмотрена клеточная организация мезофилла листовых пластинок прибрежно-водных растений на примере девяти видов из семейств *Juncaceae*, *Syperaceae*, *Poaceae* и *Typhaceae*. Показано, что основу ассимиляционной ткани надводных листьев у большинства видов растений составляет палисадная паренхима, представленная клетками разных пространственных конфигураций. Столбчатые клетки цилиндрической формы с округлыми или овальными основаниями характерны для растений семейств *Juncaceae*, *Syperaceae*, *Typhaceae*, у представителей семейства *Poaceae* палисадная ткань образована клетками как простых, так и сложных ячеистых очертаний. При этом обнаруживаются общие черты в трехмерном строении усложненных форм клеток внутренних слоев мезофилла у видов из семейств *Poaceae*, *Syperaceae* и *Juncaceae*.

Ключевые слова: однодольные растения, прибрежно-водные растения, анатомия, мезофилл, палисадные клетки, ячеистые клетки.

FEATURES OF THE LEAF MESOPHYLL STRUCTURE OF COASTAL-AQUATIC MONOCOTYLEDONOUS PLANTS

G.K. Zvereva

Novosibirsk State Pedagogical University,
630126, Novosibirsk, Vilyujsky str., 28, e-mail: labsp@ngs.ru

The cellular organization of the mesophyll of leaf blades of coastal-aquatic plants is considered on the example of nine species from the families *Juncaceae*, *Syperaceae*, *Poaceae* and *Typhaceae*. It is shown that the basis of the assimilative tissue of the above-water leaves in most plant species is the palisade parenchyma, represented by cells of different spatial configurations. Columnar cells of cylindrical shape with round or slightly oval bases are characteristic for plants of the families *Juncaceae*, *Syperaceae*, *Typhaceae*, in the representatives of the *Poaceae* family, the palisade tissue is formed both by cells of simple and complex cellular contours. In this case, common features are found in the three-dimensional structure of the complicated forms of cells of the inner layers of the mesophyll in species from the families *Poaceae*, *Syperaceae*, and *Juncaceae*.

Key words: monocotyledonous plants, coastal-aquatic plants, anatomy, mesophyll, palisade cells, cellular cells.

ВВЕДЕНИЕ

К группе прибрежно-водных растений относятся гелофиты и гигрогелофиты (Папченков, 2003). У гелофитов, или воздушно-водных растений, часть побегов располагается в воде, а часть стеблей и листьев поднимается над водной поверхностью (Шенников, 1950; Распопов, 1977). Наземные болотные растения, приспособленные к произрастанию в сильно переувлажненных местообитаниях, относят к гигрогелофитам (Распопов, 1985). В.Я. Нагалецкий и В.Г. Николаевский (1981) подобные растения характеризовали как гелиогидрофиты из-за листьев типично светового типа с мощно развитой палисадной тканью, большим числом

устьиц, густой сетью жилок и мелкоклеточностью. В листьях большинства гелофитов в той или иной степени развиты воздухоносные полости, и мезофилл часто сконцентрирован у одной или обеих листовых поверхностей. В немногочисленных работах приводятся количественные характеристики фототрофных тканей листьев воздушно-водных растений (Зауралова, 1980; Горышина, 1989; Ронжина, Пьянков, 2001; Ронжина и др., 2010; и др.).

Задача настоящей работы – дать более подробный сравнительно-анатомический анализ строения мезофилла листьев однодольных прибрежно-водных растений из разных семейств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Структурная организация мезофилла листовых пластинок изучена у *Juncus articulatus* L.,

J. compressus Jacq. (сем. *Juncaceae*), *Bolboschoenus planiculmis* (Fr. Schmidt) Egor., *Scirpus hippolyti*

V. Krecz., *S. lacustris* L. (сем. *Cyperaceae*), *Agrostis stolonifera* L., *Alopecurus aequalis* Sobol., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel (сем. *Poaceae*) и *Typha latifolia* L. (сем. *Typhaceae*) на поперечных и продольных срезах. Образцы растений отбирали в природных местообитаниях Западной Сибири и фиксировали в смеси Гаммалунда (Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М., 1973). Анализировали листья, расположенные в средней или нижней

частях генеративных побегов. Продольные срезы осуществляли параллельно поверхности листа (парадермальный срез), а также параллельно проводящим пучкам и перпендикулярно к эпидерме (продольный боковой срез). При характеристике пространственных конфигураций ассимиляционных клеток будем опираться на предложенную нами ранее классификацию формы клеток для листьев злаков (Зверева, 2009, 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У рассмотренных гелофитов и гигрогелофитов листья линейные с влагалищной частью. Листовые пластинки мощные и многочисленные у *Typha latifolia* и *Phragmites australis*, а у камышей, напротив, единичные и мелкие, расположенные у основания побегов.

В листьях водных растений широко развиты воздухоносные полости, в связи с чем у большинства изученных видов листовые пластинки утолщенные. У *Bolboschoenus planiculmis*, *Scirpus hippolyti*, *S. lacustris*, *Juncus articulatus* и *Typha latifolia* их толщина изменяется от 0.04–0.05 до 2–3 мм, у злаков она меньше и в области больших проводящих пучков составляет 145–250 мкм.

Покровная ткань в листьях однодольных прибрежно-водных растений отличается тонкими наружными оболочками, утолщение которых по отношению к высоте эпидермальных клеток у 80 % рассмотренных видов колебалось от 7–8 до 14–16 %, при этом чуть более высокие значения отмечены для абаксиальной эпидермы (табл. 1). В листьях камышей и *Juncus compressus* устьица имеются только на нижней стороне листьев, у остальных растений – на обеих листовых поверхностях. Они преимущественно небольшие по размерам, чуть погруженные или расположены вровень с эпидермой. У большинства видов их число на 1 мм² изменяется от 60 до 170, более многочисленные они у *Typha latifolia* и *Phragmites australis* – 300–340 и 560–700 соответственно. Для сравнения

укажем, что у *Typha latifolia* из Вятско-Камского края плотность устьиц достигает до 720 на 1 мм², но может быть и значительно меньше (Капитонова, 2007). Высокая густота устьиц отмечалась также для *Phragmites australis* на юге Украины – 873 и 1535 на 1 мм² верхней и нижней листовых поверхностях соответственно (Николаевский, 1964).

Ассимиляционная ткань у растений с развитой аэренхимой располагается как с одной (*Scirpus hippolyti*, *S. lacustris*), так и с обеих сторон листа (*Typha latifolia*, *Juncus articulatus*, *J. compressus*, *Bolboschoenus planiculmis*), при этом основу мезофилла составляет палисадная ткань.

Наиболее симметричное распределение хлорофилла по обе стороны от воздухоносных лакун, представленной в основном мелкими, плотно упакованными палисадными клетками, наблюдается в листьях *Typha latifolia* (табл. 2). Равномерное формирование столбчатой ткани приводит к одинаковому содержанию хлорофилла и близким показателям газообмена как у абаксиальной, так и у адаксиальной эпидермы *T. latifolia* (Constable, Longstreth, 1994). Во многих работах у этого вида отмечалось незначительное присутствие губчатой ткани (McManus et al., 2002; Correa et al., 2015; и др.).

Мощно развитая плотная палисадная паренхима под обеими эпидермами наблюдается также в листьях *Juncus compressus* и *Bolboschoenus planiculmis*, при этом у первого вида она более много-

Таблица 1

Количественно-анатомическая характеристика эпидермы листьев однодольных прибрежно-водных растений, мкм

Вид	Толщина эпидермы		Толщина наружной стенки эпидермы		Длина устьиц
	адаксиальной	абаксиальной	адаксиальной	абаксиальной	
<i>Typha latifolia</i>	16.7 ± 0.60	16.2 ± 0.47	2.3 ± 0.18	2.3 ± 0.15	20.2 ± 0.35
<i>Juncus articulatus</i>	29.1 ± 0.88	28.4 ± 0.85	6.6 ± 0.23	4.3 ± 0.27	39.9 ± 0.55
<i>J. compressus</i>	70.1 ± 2.20	24.7 ± 0.48	5.7 ± 0.35	6.5 ± 0.22	32.2 ± 0.47
<i>Scirpus hippolyti</i>	61.6 ± 3.54	28.4 ± 0.97	4.8 ± 0.40	4.5 ± 0.18	45.9 ± 0.70
<i>S. lacustris</i>	35.7 ± 1.52	26.9 ± 0.80	3.7 ± 0.33	4.3 ± 0.33	33.4 ± 0.38
<i>Bolboschoenus planiculmis</i>	29.9 ± 0.85	26.1 ± 0.65	4.7 ± 0.25	4.4 ± 0.30	35.2 ± 0.48
<i>Phragmites australis</i>	12.8 ± 0.40	13.8 ± 0.57	3.6 ± 0.31	4.9 ± 0.35	24.5 ± 0.32
<i>Agrostis stolonifera</i>	20.9 ± 0.92	20.0 ± 0.78	1.9 ± 0.12	2.2 ± 0.61	37.9 ± 0.95
<i>Alopecurus aequalis</i>	23.7 ± 0.87	20.9 ± 1.93	2.1 ± 0.32	2.8 ± 0.12	37.6 ± 0.53

Размеры клеток мезофилла первого ряда у абаксиальной эпидермы и число слоев хлоренхимы в листьях однодольных гелофитов и гигрогелофитов

Вид	Размеры клеток, мкм			Число слоев хлоренхимы в области проводящего пучка	
	высота	ширина	толщина	палисадной	губчатой
<i>Typha latifolia</i>	26.8 ± 0.58	10.2 ± 0.47	9.5 ± 0.35	6–8	0–2
<i>Juncus articulatus</i>	38.9 ± 1.28	17.2 ± 1.18	17.7 ± 0.48	3–4	4–7
<i>J. compressus</i>	23.2 ± 0.38	10.7 ± 0.43	10.3 ± 0.27	5–8	5–10
<i>Scirpus hippolyti</i>	46.1 ± 1.10	19.4 ± 0.70	15.5 ± 0.40	1–3	1–2
<i>S. lacustris</i>	38.4 ± 2.02	14.2 ± 0.43	11.8 ± 0.32	2–3	0–1
<i>Bolboschoenus planiculmis</i>	34.0 ± 1.40	15.7 ± 0.88	12.6 ± 0.35	4–6	2–6
<i>Phragmites australis</i>	21.7 ± 0.90	10.3 ± 0.55	25.4 ± 1.84	12–15	–
<i>Agrostis stolonifera</i>	18.5 ± 0.72	18.0 ± 0.73	32.1 ± 1.22	7–9	–
<i>Alopecurus aequalis</i>	15.2 ± 0.47	24.0 ± 1.34	20.1 ± 0.65	8–10	–

Примечание. Для злаков указано общее число слоев мезофилла.

слоенная и мелкоклеточная. Глубоко расположенные клетки имеют округлые или овальные очертания и их можно рассматривать как губчатые.

У *Juncus compressus* листья бифациальные, зрелые листовые пластинки *J. articulatus* отличаются радиальной симметрией и большой внутренней полостью (Adamson, 1925; и др.). Фототрофная ткань цилиндрических листьев *J. articulatus* более рыхлая, состоящая между эпидермой и воздухоносной лакуной из 1–3 рядов палисадных клеток и 1–3, иногда 4, слоев губчатых клеток, часто волнистой формы.

В листовых пластинках камышей ассимиляционная ткань может располагаться как на одной, так и на обеих сторонах (Schuyler, 1971–1972; и др.). У рассматриваемых нами *Scirpus hippolyti* и *S. lacustris* мезофилл сосредоточен у абаксиальной эпидермы и состоит из 3–4 рядов крупных палисадных и еще изредка из 1–2 слоев губчатых клеток.

У представителей семейств *Typhaceae*, *Juncaceae* и *Syperaceae* клетки мезофилла листовых пластинок имеют простые конфигурации. Так, для палисадных клеток характерны часто заостренные в верхней части цилиндрические формы с округлыми или овальными основаниями, их высота превышает ширину в 2.2–3.2 раза (рис. 1). Губчатые клетки также отличаются округлыми очертаниями, преимущественно с прямыми стенками. Усложнение пространственных форм клеток, расположенных внутри воздухоносных полостей, наблюдается у *Bolboschoenus planiculmis* (рис. 2, табл. 3). Они отличаются звездчатыми или дольчатыми формами с сильно вытянутыми лопастями и высоким пластидным наполнением. Соединяясь друг с другом, эти клетки создают рыхлые стенки, образуя камеры в воздухоносных полостях, пото-

му своими основными проекциями они раскрываются на поперечных срезах, в продольном направлении у них также имеются лопасти, но их значительно меньше. В цилиндрических листьях *Juncus articulatus* имеются редкие поперечные перегородки, образованные из крупных выростов, которые почти полностью перекрывают внутреннюю воздухоносную лакуну. В перепонках наблюдается сеть мелких сосудов, между которыми расположены клетки очень разнообразных контуров, часто с сильно волнистыми стенками и небольшим содержанием хлоропластов.

В мезофилле листьев многих злаков в той или иной степени присутствуют клетки сложной формы, которые могут быть аналогичны палисадной или губчатой ткани (Зверева, 2007, 2009). Так, ячеистые клетки расположены вдоль листа и состоят из разного числа палисадообразных секций, соединенных между собой цитоплазматическими мостиками. Функцию столбчатой паренхимы вы-

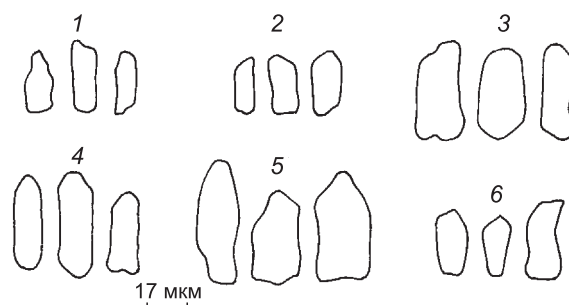


Рис. 1. Основные формы ассимиляционных клеток у абаксиальной эпидермы листовых пластинок прибрежно-водных растений на поперечных срезах.

Виды растений: 1 – *Typha latifolia*; 2 – *Juncus compressus*; 3 – *J. articulatus*; 4 – *Scirpus lacustris*; 5 – *S. hippolyti*; 6 – *Bolboschoenus planiculmis*.

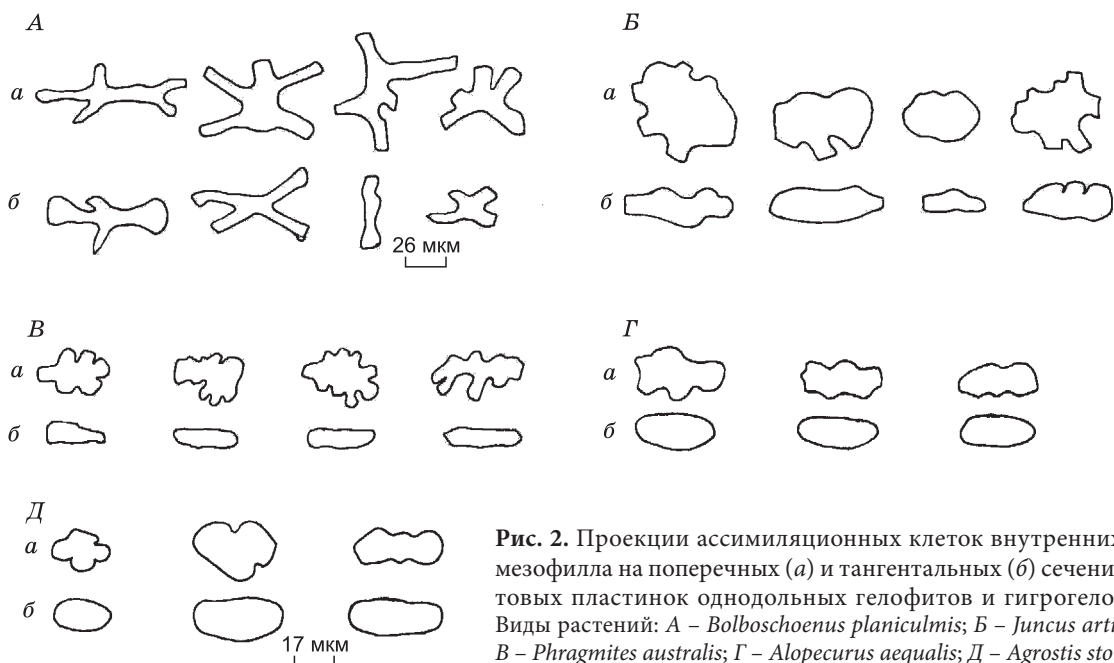


Рис. 2. Проекция ассимиляционных клеток внутренних слоев мезофилла на поперечных (а) и тангентальных (б) сечениях листовых пластинок однодольных гелофитов и гигрогелофитов. Виды растений: А – *Bolboschoenus planiculmis*; Б – *Juncus articulatus*; В – *Phragmites australis*; Г – *Alopecurus aequalis*; Д – *Agrostis stolonifera*.

Таблица 3

Размеры ассимиляционных клеток лопастной формы внутренних слоев мезофилла в листовых пластинках однодольных прибрежно-водных растений

Вид	Размеры клеток, мкм			Число хлоропластов в клетке
	длина	ширина	толщина	
<i>Bolboschoenus planiculmis</i>	80.2 ± 4.57	53.8 ± 6.06	12.4 ± 0.57	40.5 ± 3.20
<i>Juncus articulatus</i>	45.8 ± 2.34	27.7 ± 1.39	16.0 ± 1.27	13.1 ± 0.96
<i>Phragmites australis</i>	28.1 ± 1.35	19.0 ± 0.60	12.4 ± 0.75	11.9 ± 0.82

полняют ячейчатые клетки первой группы, ориентированные своими звеньями перпендикулярно листовой поверхности. Губчатой ткани соответствуют ячейчатые клетки второй группы, обращенные ячейками параллельно эпидерме.

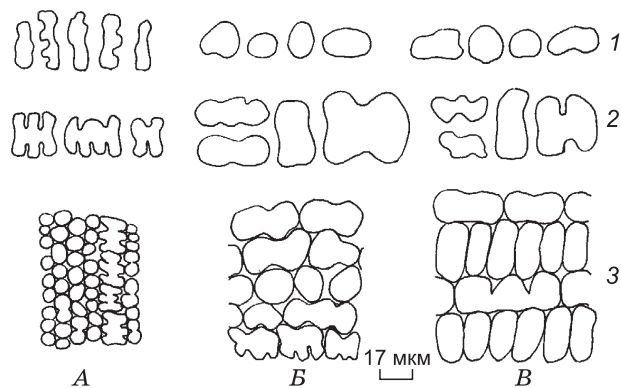


Рис. 3. Формы ассимиляционных клеток первого ряда у абаксиальной эпидермы (1, 2) и их расположение (3) в листовых пластинках злаков увлажненных местообитаний.

Срез: 1 – поперечный; 2 – продольный боковой; 3 – парадермальный. Виды растений: А – *Phragmites australis*; Б – *Agrostis stolonifera*; В – *Alopecurus aequalis*.

Ассимиляционная паренхима листьев высокоотравного гелофита *Phragmites australis* практически полностью состоит из клеток сложных форм. Столбчатая ткань расположена по периферии листовых пластинок и представлена ячейчатыми клетками первой группы, состоящими из 2–6 мелких секций, высота которых превосходит ширину в 2.1–2.3 раза (рис. 3). В центре сосредоточены в основном плоские дольчатые и лопастные клетки, своими основными контурами проявляющиеся на поперечных сечениях (Зверева, 2011).

В листьях гигрогелофитов *Agrostis stolonifera* и *Alopecurus aequalis* клетки мезофилла расположены рыхло, с большими межклетниками, при этом у абаксиальной эпидермы наблюдается сильная дифференциация рядов клеточных проекций как по форме, так и по размерам. У обоих видов злаков отмечается чередование рядов клеток простой формы, а также ячейчатых клеток первой и второй групп, что свидетельствует о сочетании световых и теневых черт в организации их листьев. Лишь часть клеток у нижней эпидермы этих видов можно рассматривать как палисадные – это палисадообразные клетки простой формы и нередко встре-

Показатели ассимиляционного аппарата листьев однодольных прибрежно-водных растений

Вид	Число хлоропластов	
	в клетке (клеточной ячейке)	в 1 см ² листа, млн
<i>Typha latifolia</i>	10.6 ± 0.27	55.49
<i>Juncus articulatus</i>	17.9 ± 0.73	36.50
<i>J. compressus</i>	13.6 ± 0.51	91.66
<i>Scirpus hippolyti</i>	21.0 ± 0.91	19.54
<i>S. lacustris</i>	15.5 ± 0.67	23.87
<i>Bolboschoenus planiculmis</i>	16.3 ± 0.49	51.57
<i>Phragmites australis</i>	11.6 ± 0.58	50.19
<i>Agrostis stolonifera</i>	11.2 ± 0.50	9.38
<i>Alopecurus aequalis</i>	11.5 ± 0.29	12.82

чающиеся ячеистые клетки первой группы с 2–3 звеньями. Отношение высоты к ширине у первых составило 1.1–1.5, а в клеточных ячейках вторых – 1.2–1.8. При этом у *Alopecurus aequalis* велико участие клеток простой цилиндрической формы, опирающихся длинной осью на эпидерму, но достаточно узких в продольном направлении, где их длина больше толщины в 1.7–2.1 раза, что, вероятно, также может усиливать столбчатую ткань. В глубине листа у обоих злаков расположены крупные удлиненные клетки преимущественно губчатой или губчато-лопастной формы на поперечных срезах и овальными проекциями на продольных сечениях, при этом их ширина очень близка к толщине.

Рассматриваемые виды растений имеют C₃-фотосинтетический метаболизм, поэтому основной фонд хлоропластов у них сосредоточен в клетках мезофилла (табл. 4). Мелкие размеры и плотная сомкнутость клеток, а также часто их многослойность приводят к высокой насыщенности надводных листьев прибрежно-водных растений хлоропластами, характерной для гелиофитов (Горышина, 1989). Так, наибольшая густота пластид наблюдается в листьях *Juncus compressus*, *Typha latifolia*, *Bolboschoenus planiculmis* и *Phragmites aus-*

tralis. Отметим, что на долю звездчатых клеток у *Bolboschoenus planiculmis* приходится 6 % от содержания хлоропластов. Плотность зеленых пластид несколько меньше у камышей в связи с односторонним расположением фототрофных тканей. Более развитые черты теневой структуры в листьях *Agrostis stolonifera* и *Alopecurus aequalis* также способствуют снижению концентрации хлоропластов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в сложении ассимиляционной ткани листьев однодольных гелофитов и гигрогелофитов основную роль играет палисадная паренхима, представленная как клетками цилиндрической формы у видов семейств *Typhaceae*, *Juncaceae* и *Cyperaceae*, так и простыми или сложными ячеистыми конфигурациями у злаков. При этом ячеистые клетки первой группы особенно многочисленны у *Phragmites australis* с арундиноидным типом листьев, в структурной организации мезофилла листьев фестукоидных злаков *Agrostis stolonifera* и *Alopecurus aequalis* наблюдается сочетание световых и теневых признаков.

Во внутренних слоях листа, близких к воздухоносным лакунам, ассимиляционные клетки более округлые или удлиненные в перпендикулярном направлении по отношению к палисадной ткани. Они немногочисленны и отличаются прямыми стенками у *Typha latifolia*, *Juncus compressus*, *Scirpus hippolyti* и *S. lacustris*, более волнистые очертания наблюдаются у *Juncus articulatus*. Усложнение формы хлорофиллоносных клеток, расположенных внутри воздухоносных полостей до лопастных и дольчатых, отмечается у *Bolboschoenus planiculmis* и *Juncus articulatus* из семейств *Cyperaceae*, *Juncaceae*.

Клетки мезофилла, расположенные в глубине листьев злаков и более часто у сосудисто-волокнистых пучков, названы нами срединными (Зверева, 2009). Они имеют наибольшие и нередко весьма разнообразные очертания на поперечных сечениях и овальные формы на тангентальных срезах. Так, центральную часть листьев *Phragmites australis* занимают клетки с многочисленными и разнообразными выростами и складками на поперечных срезах и овально-вытянутыми контурами в продольном направлении. У *Agrostis stolonifera* и *Alopecurus aequalis* эти клетки более толстые и отличаются меньшей извилистостью оболочек.

В целом световые черты в структуре мезофилла надводных листьев однодольных прибрежно-водных растений выражаются в хорошо развитой палисадной паренхиме, построение которой осуществляется за счет ассимиляционных клеток разных пространственных форм. Клетки простых конфигураций характерны для растений семейств *Juncaceae*, *Cyperaceae*, *Typhaceae*, у представителей семейства *Poaceae* столбчатая ткань образована как клетками простой, так и сложной ячеистой формы. При этом обнаруживаются общие черты в строении усложненных форм клеток внутренних слоев у видов из семейств *Poaceae*, *Cyperaceae* и *Juncaceae*.

ЛИТЕРАТУРА

- Горышина Т.К.** Фотосинтетический аппарат растений и условия среды / Т.К. Горышина. Л., 1989. 204 с.
- Гродзинский А.М.** Краткий справочник по физиологии растений / А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский. Киев, 1973. 591 с.
- Зауралова Н.О.** Ассимиляционный аппарат некоторых видов пресноводных гетерофильных растений // Бот. журн. 1980. Т. 65, № 10. С. 1439–1446.
- Зверева Г.К.** Особенности расположения клеток хлорохимы в листовых пластинках злаков // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 7. С. 997–1011.
- Зверева Г.К.** Пространственная организация мезофилла листовых пластинок фестукоидных злаков (*Poaceae*) и ее экологическое значение // Бот. журн. 2009. Т. 94, № 8. С. 1204–1215.
- Зверева Г.К.** Анатомическое строение мезофилла листьев злаков (*Poaceae*) / Г.К. Зверева. Новосибирск, 2011. 201 с.
- Капитонова О.А.** Макрофиты в условиях промышленной среды / О.А. Капитонова. Ижевск, 2007. 168 с.
- Нагалецкий В.Я.** Экологическая анатомия растений / В.Я. Нагалецкий, В.Г. Николаевский. Краснодар, 1981. 88 с.
- Николаевский В.Г.** Анатомическое строение вегетативных органов тростника обыкновенного (*Phragmites communis* Trin) в связи с условиями его произрастания / В.Г. Николаевский: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Одесса, 1964. 24 с.
- Папченко В.Г.** О классификации растений водоемов и водотоков // Гидробиотика: методология, методы: Материалы Школы по гидробиотике. Рыбинск, 2003. С. 23–26.
- Распопов И.М.** Макрофиты, высшие водные растения (основные понятия) // I Всесоюз. конф. "Высшие водные и прибрежно-водные растения": Тез. докл. Борок, 1977. С. 18–19.
- Распопов И.М.** Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР / И.М. Распопов. Л., 1985. 197 с.
- Ронжина Д.А., Иванов Л.А., Пьянков В.И.** Химический состав листа и структура фотосинтетического аппарата высших водных растений // Физиология растений. 2010. Т. 57, № 3. С. 389–397.
- Ронжина Д.А., Пьянков В.И.** Структура фотосинтетического аппарата листа пресноводных гидрофитов. I. Общая характеристика мезофилла листа и сравнение с наземными растениями // Физиология растений. 2001. Т. 48, № 5. С. 661–669.
- Шенников А.П.** Экология растений / А.П. Шенников. М., 1950. 375 с.
- Adamson R.S.** On the leaf structure of *Juncus* // Ann. Bot. 1925. V. 39, No. 155. P. 599–612.
- Constable J.V.H., Longstreth D.J.** Aerenchyma carbon dioxide can be assimilated in *Typha latifolia* L. leaves // Plant Physiol. 1994. V. 106, No. 3. P. 1065–1072.
- Correa F.F., Madail R.H., Barbosa S., Pereira M.P., Castro E.M., Soriano C.T.G., Pereira F.J.** Anatomy and physiology of cattail as related to different population densities // Planta Daninha. 2015. V. 33, No. 1. P. 1–12.
- McManus H.A., Seago Jr. J.L., Marsh L.C.** Epifluorescent and histochemical aspects of shoot anatomy of *Typha latifolia* L., *Typha angustifolia* L., and *Typha glauca* Godr. // Ann. Bot. 2002. V. 90, No. 4. P. 489–493.
- Schuyler A.E.** Morphological and anatomical differences in leaf blades of three North American aquatic bulrushes (Cyperaceae: *Scirpus*) // Barton. 1971–1972. No. 41. P. 57–60.