

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ПОЛОСТЕЙ ЛИСТА И СТЕБЛЯ ВЫСШИХ ВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ РАСТЕНИЙ

Впервые описана оригинальная методика определения объема воздушных полостей в листе и стебле высших водных и наземных растений, которая может быть использована для определения объема тканей вегетативных органов и сравнительного эколого-анатомического анализа. Приведены формулы расчета объема полостей и рекомендации по применению разработанной методики в сравнительно-анатомических исследованиях.

Сравнительный эколого-анатомический анализ водных и наземных растений предполагает использование данных по количественной характеристике структур вегетативных органов, таких как длина, ширина и диаметр клеток, а также площадь и объем тканей [3, 6, 7, 11]. Однако, если для определения линейных размеров клеток (длина, ширина, диаметр) существуют общепринятые методики [1, 3, 10], то вычисление объема и объемных соотношений тканей является достаточно сложным и мало разработанным методическим вопросом [7, 8]. В тоже время известно, что объемные соотношения тканей в органах наиболее полно характеризуют степень их развития [3, 7, 8, 11].

Основными анатомическими структурами вегетативных органов высших водных и наземных растений, которые отражают их приспособленность к среде обитания, являются толщина эпидермиса и структура его клеток, степень развития механических и проводящих тканей, а также наличие и объем воздушных полостей [3, 6, 8]. Развитие воздушных каналов относят к основным гидроморфным признакам, изменяющимся в различных условиях среды [6, 11]. Показано, что объем воздушных каналов у высших наземных растений может служить количественным критерием, отражающим приспособление растений к условиям местообитания [4, 6, 7].

Цель нашей работы заключалась в разработке методики определения объема тканей и полостей вегетативных органов высших водных и наземных растений.

Были собраны вегетативные побеги 5 видов морских трав, принадлежащих к семействам Potamogetonaceae (*Potamogeton pectinatus* L.), Zosteraceae (*Zostera marina* L., *Z. noltii* Hornem.), Ruppiaceae (*Ruppia spiralis* L.), Zannichelliaceae (*Zannichellia major* Boenn. ex Reichenb.), а также 7 видов наземных растений из семейства Poaceae (*Stipa capillata* L., *Puccinellia gigantea* (Grossh.) Grossh., *Hordeum bulbosum* L., *Poa annua* L., *Avena trichophylla* C. Koch., *Melica taurica* C. Koch. и *Elytrigia nodosa* (Nevski) Nevski). Вегетативные побеги растений собраны в период их активной вегетации в бухтах Севастополя, Керченском проливе, лиманах северо-западной части Черного моря, в Пироговском водохранилище на реке Бельбек и в устье реки Черная в мае - июле 1999 - 2001 гг. Определение объема выборки для каждого вида растений осуществляли по [2, 9]. При разработке оригинальной методики определения объема тканей и полостей вегетативных органов высших водных и наземных растений выполнено около 23 тыс. измерений анатомических признаков у морских трав и более 16 тыс. - у высших наземных растений.

Все анатомические измерения выполняли на живых, свежесобранных и нефиксированных вегетативных побегах. При их отсутствии использовали гербаризированные растения, при исследовании которых применяли соответствующие методы микроскопического анализа [1, 10]. Размягчение водных растений проводили в пресной воде, а наземных - в рекомендованных смесях, например, вода - спирт - глицерин [1].

Сопоставление результатов анатометрии структур живых и гербаризированных водных растений показало, что при размягчении материала в пресной воде, погрешность измерений колеблется от 3 до 10 % (табл. 1). Сходные данные (от 4 до 8 %) получены для наземных растений, обработанных смесью вода - спирт - глицерин (табл. 2).

Одним из сложных методических вопросов при определении объема полостей и тканей высших растений является выбор длины сегмента таких вегетативных органов как лист и стебель. Нами предложено находить длину сегмента экспериментальным путем таким образом, чтобы линейные размеры полостей изменялись на ней не более, чем на 5 % (с вероятностью $p = 0,95$). После выделения соответствующей каждому виду

Таблица 1. Количественные характеристики клеток и воздушных полостей листа некоторых видов морских трав

Table 1. Quantitative characteristics of the cells and aeriferous lacuna of the seagrass blades

Вид растения	Линейные размеры клеток эпидермиса		Линейные размеры воздушной полости	
	длина, мкм	ширина, мкм	длина, мкм	ширина, мкм
<i>Zostera marina</i>	$25,4 \pm 7,2$ 24,4 $\pm$ 6,2	$21,4 \pm 1,9$ 20,1 $\pm$ 2,1	$271,9 \pm 23,5$ 258,3 $\pm$ 25,2	$96,2 \pm 14,2$ 90,4 $\pm$ 15,3
<i>Potamogeton pectinatus</i>	$14,5 \pm 4,9$ 13,3 $\pm$ 3,6	$8,8 \pm 1,8$ 8,4 $\pm$ 1,9	$112,6 \pm 0,11$ 105,4 $\pm$ 0,3	$41,2 \pm 0,12$ 39,5 $\pm$ 0,21
<i>Ruppia spiralis</i>	$34,9 \pm 9,3$ 33,2 $\pm$ 7,4	$10,3 \pm 2,1$ 9,7 $\pm$ 2,4	$192,05 \pm 23,3$ 176,7 $\pm$ 25,1	$69,08 \pm 8,7$ 62,8 $\pm$ 2,4

Примечание: в числителе – значения, полученные на свежем материале, в знаменателе – значения, полученные при использовании гербаризованного материала, обработанного пресной водой.

Таблица 2. Количественные характеристики клеток и воздушных полостей стебля высших наземных растений

Table 2. Quantitative characteristics of the cells and aeriferous lacuna of the terraneous plant stem

Вид растения	Диаметр клеток паренхимы, мкм	Диаметр полости, мкм
<i>Stipa capillata</i>	$72,1 \pm 1,5$ 67,3 $\pm$ 3,4	$630,9 \pm 10,5$ 574,1 $\pm$ 7,2
<i>Puccinellia gigantea</i>	$92,3 \pm 6,7$ 88,3 $\pm$ 4,9	$980,4 \pm 24,3$ 921,5 $\pm$ 20,1

Примечание: в числителе – значения, полученные на свежем материале, в знаменателе – значения, полученные при использовании гербаризованного материала, обработанного смесью вода – глицерин – спирт.

растения длины сегмента, в его средней части на поперечном срезе листа или стебля следует определить линейные размеры полости общепринятыми методами, используя световой микроскоп или бинокуляр [1, 3, 10].

Поскольку у разных видов как водных, так и наземных растений форма полостей значительно варьирует и является чаще всего видоспецифическим признаком, необходимо для каждой отдельной полости подбирать соответствующую формулу определения объема. Так, у растений, имеющих округлую форму воздушных полостей, таких как полости листа *R. spiralis*, сегменты стебля злаковых растений *S. capillata*, *P. gigantea* (рис.), для расчета их объема подходит формула определения объема цилиндра ($V = \pi R^2 H$, где H – длина сегмента листа, R – $\frac{1}{2}$ диаметра полости).

Для растений с почти прямоугольной формой полостей, таких как лист *Z. marina* (рис.), объем определяется по формуле прямоугольного параллелепипеда ($V = A B C$, где A и B высота и ширина полости, C – длина сегмента листа).

Поскольку некоторые сегменты имеют полости неправильной формы, например, у листа *P. pectinatus* (рис.), то в этом случае подбирают такие геометрические фигуры, наложение которых на плоскость полости максимально заполняет ее площадь. Затем по соответствующим формулам площадей геометрических фигур вычисляют суммарный объем полости. Поскольку в сегментах вегетативных органов, как правило, несколько полостей, общий объем последних вычисляют путем суммирования объемов каждой полости. В зависимости от задач исследования возможен также пересчет объемов тканей или полостей на весь вегетативный орган (лист, стебель) или растение в целом.

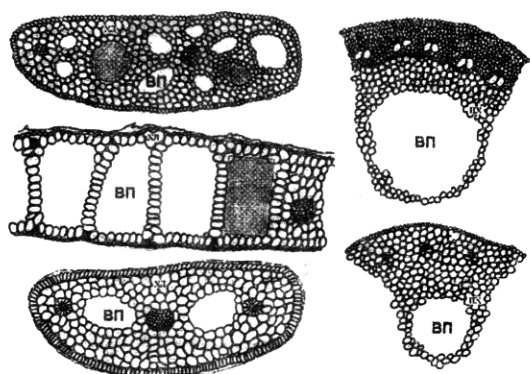


Рисунок. Формы воздушных полостей у высших водных и наземных растений:

1. *Potamogeton pectinatus*, 2. *Zostera marina*, 3. *Ruppia spiralis*, 4. *Stipa capillata*, 5. *Puccinellia gigantea* (вп – воздушная полость, пх – паренхима, хл – хлоренхима)

Figure. Shape of the aeriferous lacuna of the seagrass blades and terrestrial plant stem (вп – aeriferous lacuna, пх – parenchyma, хл – chlorenchyma)

Таким образом, в результате проведенных исследований впервые разработана методика определения объемов полостей и тканей вегетативных органов высших наземных и водных растений из разных экологических групп. Величина объема полостей и относительный объем тканей у видов, принадлежащих к разным экологическим группам, служат объективными количественными критериями оценки адаптации растений к условиям среды обитания, таких как соленость водоема и глубина произрастания для водных макрофитов [4, 5, 6] и условия увлажнения для наземных растений [3, 7, 8]. При использовании методики необходимо соблюдать следующие рекомендации: в изучении морфогенеза растений следует учитывать их фенологические фазы развития; при сравнительно-анатомических исследованиях высших наземных и водных растений по градиенту исследуемого экологического фактора учитывать степень антропогенной нагрузки на соответствующую экосистему.

1. Березовская Т.П., Дошинская Н.В., Серых Е.А. Методы микроскопического анализа ботанических объектов. – Томск: Изд-во "Красное знамя", 1978. – 139 с.
2. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М., 1984. – 424 с.
3. Заленский В.Р. Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений. – Киев, 1904. – 211 с.
4. Киреева Е.В. Особенности анатомического строения морских трав Черного моря в связи с глубиной произрастания. // Экология моря. – 2001. – Вып. 56. – С. 46 – 50.
5. Куликова Н.М., Иванова И.К. Анатомо-морфологическая характеристика *Zostera marina* L. из Севастопольской бухты // Биология моря. – 1972. – Вып. 26. – С. 133 – 145.
6. Липаева Л.И. Сравнительное изучение анатомии вегетативных органов у экотипов прибрежных гидрофитов // Бюлл. Главного бот. сада. – М., 1984. – Вып. 131. – С. 98 – 104.
7. Любарский Е.Л. Экология вегетативного размножения высших растений. – Казань: Изд-во КГУ, 1967. – 184 с.
8. Нагалецкий В.Я., Николаевский В.Г. Экологическая анатомия растений. – Краснодар: Изд-во КГУ, 1981. – 88 с.
9. Парчевская Д.С. Статистика для радиозологов. – Киев: Наукова думка, 1969. – 115 с.
10. Пролина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высшая школа, 1960. – 34 с.
11. Чащухин В.А. Экологические особенности газового режима корневищ тростника обыкновенного // Экология – 1979. – 1. – С. 89 – 91.

Институт биологии южных морей НАНУ,
г. Севастополь

Получено 15.10 2001

E. V. KIREEVA

METHOD FOR DETERMINATION OF THE AERIFEROUS LACUNA VOLUME IN THE LEAF AND STEM OF THE SEAGRASS AND LAND PLANTS

Summary

For the first time the original method for determination of the aeriferous lacuna volume in the leaf and stem of the sea grass and land plants were described. They can be used for determination of the vegetative organ volume and for comparative ecological and anatomical analysis. The formulas of calculation and recommendation for the use of these devise methods in the comparative-anatomical research have been carried out.