

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский педагогический государственный университет»



МАТЕРИАЛЫ X МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОРФОЛОГИИ РАСТЕНИЙ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ИВАНА ГРИГОРЬЕВИЧА  
И ТАТЬЯНЫ ИВАНОВНЫ СЕРЕБРЯКОВЫХ

г. Москва 27–30 ноября 2019 г.



ТОМ 3

М П Г У

Москва 2019

УДК  
ББК  
С

**Редакционная коллегия:** д.б.н., проф. В.П. Викторов (отв. редактор),  
д.б.н., проф. В.Н. Годин, к.б.н., доц. Н.Г. Куранова,  
к.б.н., доц. С.К. Пятунина.

С Материалы X Международной конференции по экологической морфологии растений, посвященной памяти И. Г. и Т. И. Серебряковых, г.Москва, 27–30 ноября 2019 г. Том 3 / под общ. ред. В. П. Викторова. – Москва : МПГУ, 2019. – 215 с.

ISBN

Большая часть статей написана в рамках основных направлений школы Серебряковых. Кроме этого, отдельные материалы отражают новые тенденции в развитии анатомии и морфологии растений, применение биоморфологических признаков в систематике, популяционной биологии, а также посвящены вопросам школьного и вузовского ботанического образования.

УДК

ББК

ISBN

© МПГУ, 2019

© Коллектив авторов, 2019

УДК 582.542.12

## СТРОЕНИЕ КОРНЕЙ ОСОК ИЗ МЕСТООБИТАНИЙ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ УВЛАЖНЕНИЯ

Д.Е. Тукова, А.А. Бетехтина, Д.В. Веселкин

*Уральский Федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия,*

*e-mail: Tukova\_Daria@outlook.com*

**Аннотация:** Исследовали признаки анатомического строения тонких поглощающих корней 14 видов осок из местообитаний с разной степенью увлажнения. Корни всех видов имели малый диаметр и малый размер стелы. От видов переувлажненных местообитаний к видам засушливых местообитаний уменьшались диаметр корней, толщина первичной коры, число слоев клеток коры.

**Ключевые слова:** Осоки, *Carex* L., Поглощающие корни, Анатомия корня, Морфология корня.

## CAREX L. ROOT'S STRUCTURE IN HABITATS WITH VARYING LEVEL OF MOISTURE

D.E. Tukova, A.A. Betekhtina, D.V. Veselkin

*Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia,*

*e-mail: Tukova\_Daria@outlook.com*

**Summary:** The signs of the anatomical structure of thin absorbing roots of 14 *Carex* species from habitats with varying degrees of moisture were studied. The roots of all species had a small diameter and a small size of the stele. From species of waterlogged habitats to species of arid habitats, the diameter of the roots, the thickness of the primary cortex, and the number of layers of cortical cells decreased.

**Keywords:** Sedges, *Carex* L., Absorbing roots, Root anatomy, Root morphology.

*Carex* L. (осоки) – крупный род однодольных, включающий более 2 тыс. видов (Reznicek, 1990; Global Carex Group, 2015). Осоки распространены по всему миру и занимают широкий спектр местообитаний от сухих полупустынь до сфагновых болот и тундр (Waterway et al., 2009; Hoffmann et al., 2017). Разнообразие и некоторые закономерности детерминации приспособлений к почвенному питанию у осок изучены (Веселкин и др., 2014; Konoplenko et al., 2017; Hoffmann, 2019). Развитие микоризы, встречаемость корневых волосков и моркововидных корней не удалось связать со степенью увлажнения местообитаний (Веселкин и др., 2014). При

этом об анатомических особенностях поглощающих корней осок информации мало, хотя хорошо изучены закономерности таксономической детерминации придаточных корней (Hoffmann, 2019).

Цель работы – сравнение строения поглощающих корней последнего порядка у видов осок из местообитаний с разной степенью увлажнения.

Исследованы корни 14 видов *Carex*, произраставших в окрестностях г. Екатеринбурга (южная часть бореальной зоны Среднего Урала). Сбор образцов выполнен в июле 2018 г. Виды: *C. acuta* L., *C. arnellii* H. Chris, *C. atherodes* Spreng., *C. digitata* L., *C. echinata* Murray, *C. elongata* L., *C. leporina* L., *C. montana* L., *C. nigra* (L.) Reichard, *C. pallescens* L., *C. praecox* Schreb., *C. pseudocyperus* L., *C. supina* Willd. ex Wahlenb., *C. vesicaria* L.. Образцы растений отобраны в четырех группах местообитаний, образующих градиент по степени увлажнения: водоемы (берега рек и водохранилищ) – луг (заливной луг в пойме небольшой реки) – леса (несколько участков сосновых лесов черничных и разнотравных) – сухой склон (крутой склон южной экспозиции с маломощной почвой и горностепными растениями).

Изучены фрагменты корневых систем у 5 (редко у 2) особей каждого вида. Определение числа порядков проводили по системе И. Г. Серебрякова (1952). Поперечные срезы корней последнего порядка толщиной 10–15 мкм изучали с помощью микроскопа Leica DM 5000 при увеличении  $\times 630$ . У каждой особи исследовали по 2–7 корней. Регистрировали: диаметр корня; диаметр стелы; толщину паренхимы; число слоев клеток в паренхиме; число слоев клеток в экзодерме, толщину коры. Различия признаков у осок из разных местообитаний оценивали с помощью ANOVA и критерия Краскела-Уоллеса.

**Число порядков ветвления.** Минимальное установленное число порядков ветвления корневой системы – два, максимальное – пять. Два порядка установлено у прибрежных *C. acuta* и *C. vesicaria* и в единичном случае у лесных *C. leporina* и *C. elongata*. Пять порядков ветвления наблюдали у осок из всех местообитаний, но чаще большее число порядков отмечено у *C. montana* и *C. supina* из засушливых и умеренно увлажненных местообитаний. Различия между группами видов из местообитаний с разной степенью увлажнения имели направленный характер (рис. 1) и были статистически значимы ( $H_{(3, N = 79)} = 13,96$ ;  $P = 0,003$ ). Считается, что увеличение разветвленности корней в засушливых местообитаниях – универсальный ответ для повышения эффективности поиска воды при ее неравномерном распределении в почве (Усманов и др., 1986).

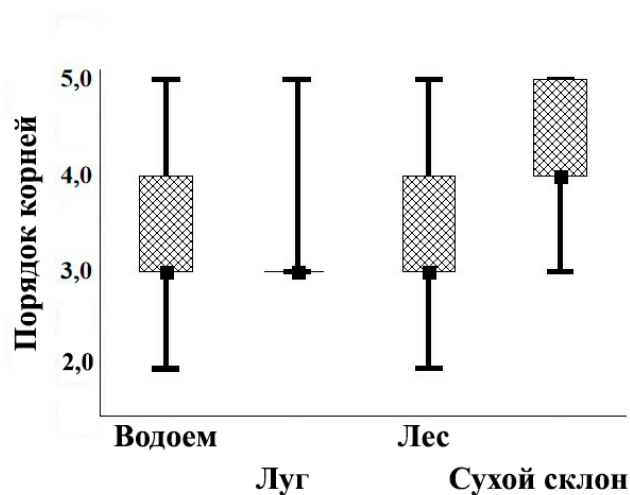


Рис. 1. Число порядков ветвления корней у видов осок из местообитаний с разным уровнем увлажнения. Квадрат – медиана; прямоугольник – нижние и верхние квантили; размах – минимум и максимум.

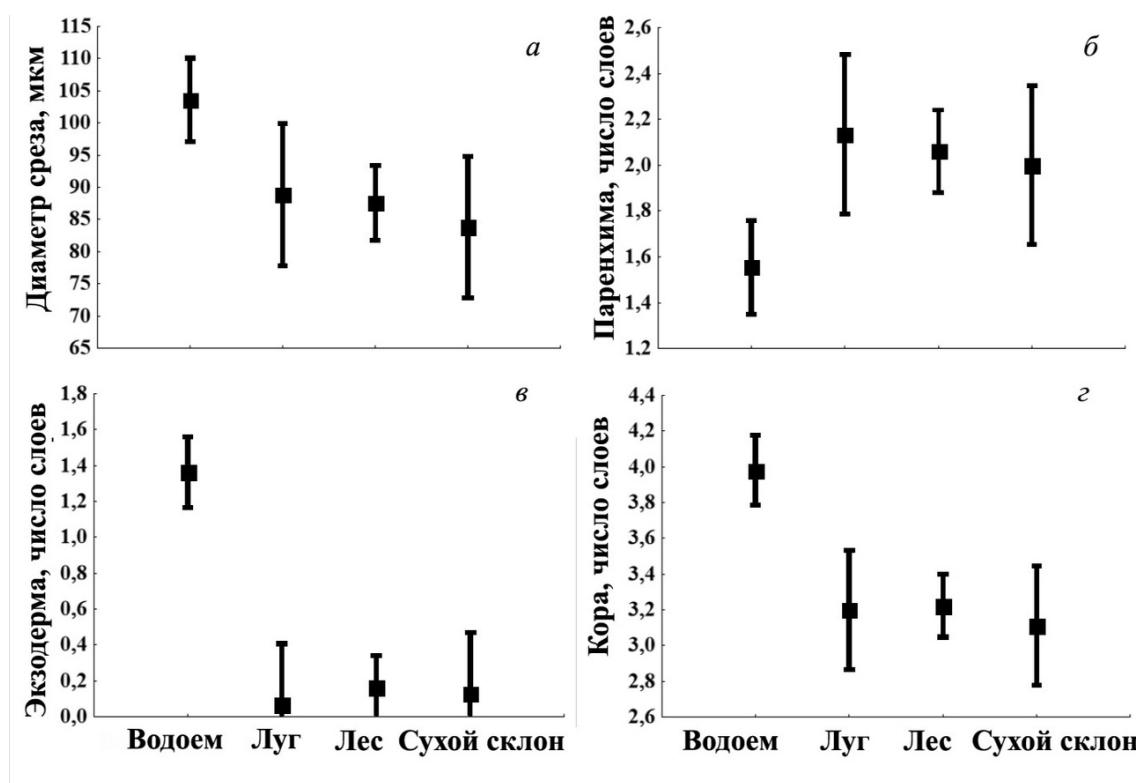


Рис. 2. Диаметр среза (а) и число слоев клеток у видов осок из местообитаний с разным уровнем увлажнения: в паренхиме (б), в экзодерме (в), в коре (г), размах – доверительный интервал.

**Анатомическое строение поглощающих корней.** Наиболее толстые корни были у видов из прибрежных местообитаний (*C. acuta* и *C. vesicaria* – 90–100 мкм); тонкие – у видов с остепненного склона (*C. supina* и *C. digitata* – 70–80 мкм). В целом, различия между видами *Carex* из местообитаний с

разной степенью увлажнения по диаметру корней значимы ( $F_{(3;73)} = 5,73$ ;  $P = 0,001$ ; рис. 2а).

Минимальное число слоев паренхимы (один слой у части корней) было у прибрежных видов. У других осок среднее число слоев паренхимы было около двух (рис. 2б). Эти различия также значимы ( $F_{(3;73)} = 5,52$ ;  $P = 0,002$ ). Корни осок из прибрежных местообитаний хорошо отличались от всех остальных по наличию экзодермы и числу ее слоев ( $F_{(3;73)} = 32,96$ ;  $P < 0,001$ ; рис. 2в). Среди осок прибрежных местообитаний встречались виды с двумя и тремя слоями экзодермы (*C. nigra*, *C. acuta*). У растений из умеренно влажных и засушливых местообитаний чаще встречались корни с одним слоем экзодермы (*C. digitata*, *C. arnellii*, *C. pallescens*) или совсем без экзодермы (*C. supina*, *C. montana*, *C. digitata*). Большое число слоев экзодермы у осок прибрежных местообитаний обуславливает контрастные различия между группами видов по общему числу слоев клеток в коре ( $F_{(3;73)} = 13,98$ ;  $P < 0,001$ ; см рис. 2г). Мощную экзодерму указывают в качестве отличительного признака корней околородных и водных растений (Fabbri et al., 2005). В условиях гипоксии у гигрофитных видов развивается аэренхима. Развитая экзодерма в таком случае может служить каркасом для укрепления структуры корня. Такое строение экзодермы, судя по нашим данным, сохраняется и в поглощающих корнях, где аэренхимные полости, как правило, отсутствуют.

Таким образом, строение корней у осок из разных по степени увлажнения местообитаний закономерно различается. От видов переувлажненных местообитаний к видам засушливых местообитаний увеличивается число порядков ветвления корней и уменьшаются: диаметр корней, толщина первичной коры, число слоев клеток коры, прежде всего, экзодермы.

Выражаем особую благодарность к.б.н. А. Ю. Тептиной за помощь в определении видов осок.

### Литература

Веселкин Д. В., Конопленко М. А., Бетехтина А. А. Способы почвенного питания осок разных экологических стратегий // Экология. 2014. № 6. С. 477–484.

Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Сов. наука, 1952. 392 с.

Усманов И. Ю. Эколого-физиологические характеристики некоторых видов растений с разными типами стратегий из сообществ, подвергающихся антропогенному воздействию // Биологические науки. 1986. № 10. С. 66–70.

Fabbri L. T., Rua G. H., Bartoloni N. Different patterns of aerenchyma formation in two hygrophytic species of *Paspalum* (Poaceae) as response to flooding // *Flora*. 2005. V. 200. P. 354–360.

Global Carex Group. Making *Carex* monophyletic (Cyperaceae, tribe Cariceae): A new broader circumscription // *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2015. V. 179. P. 1–42.

Hoffmann M. H., Gebauer S., von Rozycki T. Assembly of the Arctic flora: Highly parallel and recurrent patterns in sedges (*Carex*) // *American Journal of Botany*. 2017. V. 104. P. 1334–1343.

Hoffmann M. H. To the Roots of *Carex*: Unexpected Anatomical and Functional Diversity // *Systematic Botany*. 2019. V. 44. P. 26–31.

Konoplenco M.A., Güsewell S., Veselkin D.V. Taxonomic and ecological patterns in root traits of *Carex* (Cyperaceae) // *Plant and Soil*. 2017. V. 420. P. 37–48.

Reznicek A. A. Evolution in sedges (*Carex*, Cyperaceae) // *Canadian Journal of Botany*. 1990. V. 68. P. 1409–1432.

Waterway M. J., Hoshino T., Masaki T. Phylogeny, species richness, and ecological specialization in Cyperaceae Tribe Cariceae // *Botanical Review*. 2009. V. 75. P. 138–159.