

**Особенности анатомического строения подземных органов  
*Epilobium hirsutum* L. (Onagraceae) в условиях местообитаний  
с переменным обводнением**

**Anatomical structure features of underground organs  
of *Epilobium hirsutum* L. (Onagraceae) in habitats with variable watering**

Овчинникова Ю. А., Шабалкина С. В.

Ovchinnikova Yu. A., Shabalkina S. V.

Вятский государственный университет, г. Киров, Россия  
E-mail: yuliaovchinnikova0@gmail.com, Nasturtium2017@yandex.ru  
Vyatka State University, Kirov, Russia

**Реферат.** Местообитания с переменным обводнением характеризуются достаточно стабильной освещенностью в течение вегетационного сезона, тогда как обеспеченность влагой изменяется. В таких условиях произрастает и *Epilobium hirsutum* L. – поликарпик; явнополицентрический малолетник вегетативного происхождения; геофит, гигрофит. Надземные органы этого вида используются в лекарственных целях, поэтому анатомическое строение стебля и листа описано ранее. Цель данного исследования – выявление особенностей внутренней структуры подземных органов в связи с условиями переменного обводнения. Подземные органы вегетативно возникших особей образованы симподиально нарастающими переходными от столона к корневищу образованиями с придаточными корнями. Для изучения выполнены поперечные срезы междоузлий геофильного участка побега в разных частях и придаточных корней, измерены линейные размеры структур. Установлено, что в геофильном участке развиты воздухоносные полости и запасающая паренхима, занимающая большую часть оси побега; слабо сформированы проводящие и механические ткани. Выявленные особенности подчеркивают приспособленность геофильного участка к осуществлению преимущественно функций запаса веществ и воздуха, вегетативного размножения и разрастания. Придаточные корни двух типов, которые отличаются расположением, строением, возрастом и функциональной неоднородностью.

**Ключевые слова.** Анатомическое строение, анатомо-топографическая зона, геофильный участок побега, клетка, междоузлие, придаточный корень, растительная ткань, *Epilobium hirsutum*.

**Summary.** Habitats with variable watering are characterized by fairly stable illumination during the growing season, while moisture availability varies. *Epilobium hirsutum* L. also grows under such conditions. It is a polycarpic; clearly polycentric juvenile of vegetative origin; geophyte; hygrophyte. The aboveground organs of this species are used for medicinal purposes, therefore the anatomical structure of the stem and leaf is described earlier. The purpose of this study is to identify the features of the internal structure of underground organs in connection with the conditions of variable watering. The underground organs of vegetatively arisen individuals are formed by sympodially growing transitional formations from the stolon to the rhizome with adventitious roots. During the study, transverse sections of the internodes of the geophilic part of the shoot and adventitious roots were made, and the linear dimensions of the structures were measured. It was found that the air-bearing cavities and the storage parenchyma, which occupies most of the shoot axis, are developed in the geophilic site; conductive and mechanical tissues are poorly formed. The revealed features emphasize the adaptability of the geophilic site to the implementation mainly of the functions of the supply of substances and air, vegetative reproduction and proliferation. Adventitious roots of two types, which differ in location, structure, age and functional heterogeneity.

**Key words.** Adventitious roots, anatomical structure, anatomical and topographic zone, cell, *Epilobium hirsutum*, geophilic part of the shoot, internode, plant tissue.

Изучению внутреннего строения органов растений уделяется достаточно много внимания, как в фундаментальных, так и в прикладных целях. Однако исследованиями анатомии растений охвачен довольно узкий диапазон видов, и зачастую описаны не все их органы и ткани. Одним из объектов, интересных в отношении изучения адаптаций к условиям среды на тканевом и органном уровнях, является кипрей волосистый – *Epilobium hirsutum* L. Надземные органы этого вида используются в лекарственных целях, поэтому в литературе охарактеризовано анатомическое строение стебля и листа (Strgulc Krajšek et al., 2011; Sheikh et al., 2016). Целью данного исследования стало выявление особенностей внутренней структуры подземных органов в связи с условиями переменного обводнения.

Кипрей волосистый распространен почти повсеместно в Северном полушарии (в Старом свете) в районах с умеренным климатом (Губанов и др., 2003). Это – поликарпик; летнезеленый вегетативно-подвижный явнополицентрический малолетник вегетативного происхождения с ранней специализированной морфологической дезинтеграцией; геофит (Савиных, Коновалова, 2021). В соответствии с подходами В.Г. Папченкова (2001) относится к экологической группе гигрофиты – растениям сырых местообитаний, занимающих средние уровни береговой зоны затопления, заходящих довольно часто в воду у топких низких берегов. *E. hirsutum* произрастает в сырых биотопах: на травяных болотах, по краям водотоков, канавам, сырым оврагам, лесам и кустарникам (Штейнберг, 1949; Губанов и др., 2003).

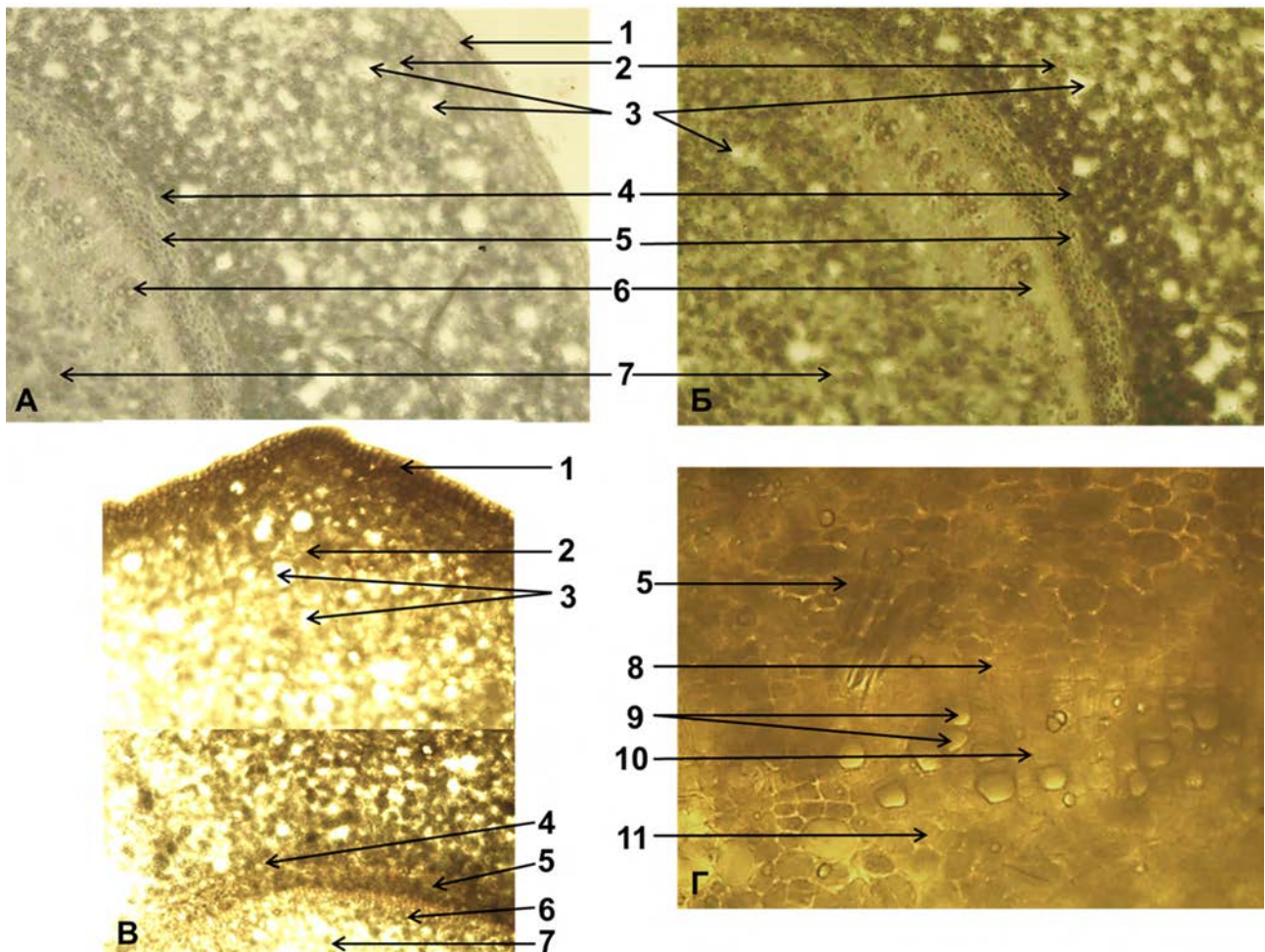


Рис. 1. Анатомическое строение геофильного участка побега *Epilobium hirsutum*: А, Б – фрагменты поперечных срезов более старой (проксимальной) части; В – фрагмент поперечного среза более молодой (дистальной) части; Г – строение проводящих тканей проксимального участка; 1 – эпидерма; 2 – основная запасаящая паренхима первичной коры; 3 – межклеточные воздухоносные полости; 4 – эндодерма; 5 – флоэма; 6 – ксилема; 7 – основная запасаящая паренхима сердцевины; 8 – камбий; 9 – сосуды ксилемы; 10 – волокна либриформа; 11 – паренхима ксилемы.

Материалом для работы являлись целостные особи *E. hirsutum* генеративного онтогенетического состояния, которые были собраны в окрестностях г. Кирова на разнотравно-злаковом луге, произрастали по краю водосточной канавы. В лаборатории растения зафиксировали в 70%-м спиртовом растворе, выполнили от руки с помощью лезвия поперечные срезы подземных органов: междуузлий геофильного участка побега в проксимальной и дистальной частях, а также придаточных корней в основании анизотропного побега и отходящих от геофильного участка. Полученные микропрепараты изучены под микроскопом Motic BA 300 со встроенной цифровой камерой. Линейные размеры анатомических структур измерены при помощи программы, разработанной для данного микроскопа Г. Я. Кантором. Достоверность наблюдаемых различий биометрических параметров оценивали при помощи критерия Стьюдента (Гланц, 1998).

Подземные органы вегетативно возникших особей образованы симподиально нарастающими переходного от столона к корневищу образованиями (далее – геофильный участок) с придаточными корнями. Геофильный участок побега имеет вторичное строение: на поперечном срезе оси в междуузлиях выделяются эпидерма, первичная кора и центральный цилиндр (рис. 1). Эпидерма однослойная, сложена прямоугольными плотно сомкнутыми клетками. Первичная кора многослойная, толщиной 875–1200 мкм, образована рыхло располагающимися изодиаметрическими клетками основной запасющей паренхимы с многочисленными крахмальными зёрнами. Между клетками первичной коры имеются крупные межклетники. Внутренний слой первичной коры сформирован однослойной эндодермой, представляющей собой крахмалоносное влагалище.

Проводящие ткани, входящие в состав центрального цилиндра диаметром 1880–3060 мкм, имеют непучковое расположение. На периферии стелы находятся первичная и вторичная флоэма (толщина флоэмы – 70–130 мкм), под флоэмой – слой камбия, далее по направлению к центру – вторичная и первичная ксилема (толщина ксилемы – 50–150 мкм). Кольцо проводящих тканей на поперечном срезе геофильного участка занимает незначительную часть (до 7/100) его диаметра. В центре стелы располагается сердцевина, образованная клетками запасющей паренхимы с большим количеством межклетников (рис. 1).

Биометрические параметры структур проксимальной и дистальной частей геофильного участка побега представлены в таблице 1. Статистически достоверных различий показателей обоих участков не выявлено.

Таблица 1

Биометрические параметры геофильного участка побега *Epilobium hirsutum*

Параметры, мкм	Геофильный участок	
	проксимальная часть	дистальная часть
Толщина первичной коры	995,00 ± 27,63	955,56 ± 17,16
Диаметр стелы	2122,86 ± 51,90	2388,57 ± 195,38
Толщина флоэмы	95,50 ± 5,58	107,00 ± 3,87
Толщина ксилемы	98,00 ± 5,93	107,5 ± 11,82
Диаметр сосудов ксилемы	13,90 ± 0,95	11,50 ± 0,79

Придаточные корни расположены как на плагитропном геофильном участке, так и в основании анизотропного вегетативно-генеративного монокарпического побега. Корни, отходящие от геофильного участка, сохраняют первичное строение. На их поперечном срезе (рис. 2) выделяются две анатомо-топографические зоны: мощно развитая первичная кора толщиной 128,00 ± 4,64 мкм и центральный цилиндр, занимающий незначительную часть (до 4/10) поперечного сечения и имеющий диаметр 60,00 ± 4,74 мкм. В состав первичной коры, образованной клетками основной паренхимы, входят следующие ткани (в направлении от периферии к центру): экзодерма, многослойная рыхлая мезодерма, эндодерма. Внутри стелы располагается тетрархная первичная ксилема с сосудами диаметром 5,50 ± 0,94 мкм и клетками ксилемной паренхимы. Между ксилемными лучами находятся участки первичной флоэмы.

Придаточный корень, отходящий от основания анизотропного побега, имеет вторичное строение. На его поперечном срезе (рис. 3) выделяются: слушывающаяся первичная кора толщиной 99,00 ± 7,48

мкм, перидерма толщиной  $57,00 \pm 2,55$  мкм и центральный цилиндр диаметром  $1008,00 \pm 21,54$  мкм. Клетки перидермы прямоугольные, таблитчатой формы, располагаются плотными рядами в несколько слоев. Далее в центробежном направлении находится флоэма, под ней – слой камбия. Внутреннюю часть стелы составляет тетраарная вторичная ксилема, сложенная сосудами диаметром  $36,00 \pm 1,67$  мкм, многочисленными волокнами либриформа и небольшим числом паренхимных клеток. Вторичная ксилема мощно развита, занимая на поперечном срезе корня значительную часть пространства. В центре стелы располагаются сосуды первичной ксилемы. В радиальном направлении от флоэмы к центру стелы проходят лучи, сложенные одним-несколькими рядами паренхимных клеток.

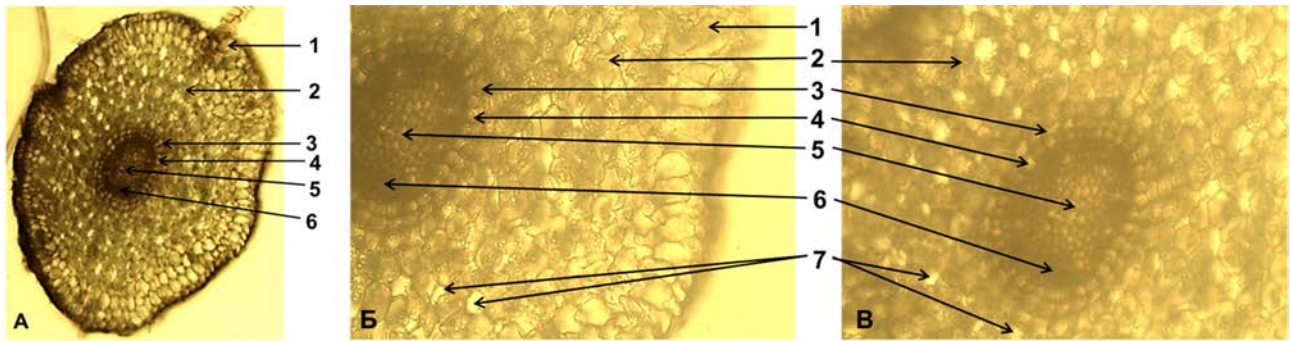


Рис. 2. Анатомическое строение придаточного корня *Epilobium hirsutum*, отходящего от геофильного участка побега: А – поперечный срез (общий вид); Б, В – фрагменты поперечного среза; 1 – экзодерма; 2 – основная неспециализированная паренхима первичной коры; 3 – эндодерма; 4 – перицикл; 5 – первичная ксилема; 6 – первичная флоэма; 7 – межклеточные воздухоносные полости.

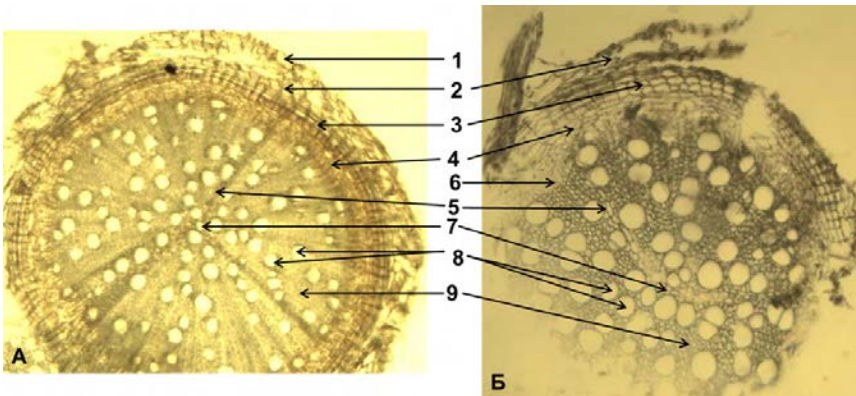


Рис. 3. Анатомическое строение придаточного корня *Epilobium hirsutum*, отходящего от основания анизотропного побега: А – поперечный срез; Б – фрагмент поперечного среза; 1 – экзодерма; 2 – основная неспециализированная паренхима первичной коры; 3 – перидерма; 4 – флоэма; 5 – паренхимный луч; 6 – камбий; 7 – первичная ксилема; 8 – сосуды вторичной ксилемы; 9 – волокна либриформа.

Были измерены биометрические показатели структур придаточных корней *E. hirsutum* (табл. 2). Вычисление критерия Стьюдента показало, что все параметры двух типов корней имеют достоверные различия, что обусловлено, по всей видимости, их возрастом и приспособлением к выполнению несколько отличающихся функций. В корнях, отходящих от геофильного участка побега, диаметр стелы невелик, проводящие ткани и механические элементы в их составе слабо развиты, что обусловлено большей приспособленностью этих корней к неглубокому закреплению

растения в субстрате, нежели чем к выполнению проводящей функции. В корнях, отходящих от основания стебля анизотропного побега, диаметр стелы намного больше, он занимает значительную часть пространства на поперечном срезе, мощно развиты проводящие ткани, особенно ксилема, больше диаметр сосудов, в ксилеме содержится большое количество волокон либриформа. Эти особенности обеспечивают, вероятно, преимущественно проведение воды и минеральных веществ, а также закрепление растения в субстрате.

Таким образом, в строении подземных органов *E. hirsutum* на тканевом уровне можно отметить некоторые адаптации к факторам экологической ниши этого вида. В геофильном участке побега развиты межклеточные воздухоносные полости, что свидетельствует о приспособлении особей к произрастанию в условиях повышенной влажности субстрата. Также в нем формируется мощная запасующая

паренхима, которая занимает большую часть объема оси подземного побега и обеспечивает поддержание жизнедеятельности растения в периоды покоя и начала вегетации. Этот признак сближает геофильный участок в строении с корневищем. Кроме того, проводящие ткани и механические элементы в их составе развиты слабо, собственно механические ткани отсутствуют. Выявленные особенности подчеркивают приспособленность геофильного участка к осуществлению преимущественно функций запаса веществ, вегетативного размножения и разрастания.

Таблица 2

Биометрические параметры придаточных корней *Epilobium hirsutum*

Параметры, мкм	Придаточный корень, отходящий от основания анизотропного побега	Придаточный корень, отходящий от геофильного участка побега
Толщина первичной коры	99,00 ± 7,48	128,00 ± 4,64
Диаметр стелы	1008,00 ± 21,54	60,00 ± 4,74
Диаметр сосудов ксилемы	36,00 ± 1,67	5,50 ± 0,94

Отношение проводящих тканей и механических элементов в их составе к общему объему корня значительно больше в корне, отходящем от основания анизотропного побега, чем в корне, отходящем от геофильного участка. Это обусловлено возрастом и функциональной неоднородностью различных корней.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гланц С. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
- Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. – Т. 2. – 665 с.
- Папченко В. Г. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья. – Ярославль: ЦМП МУ-БиНТ, 2001. – 200 с.
- Савиных Н. П., Коновалова И. А. Побегообразование *Epilobium hirsutum* L. в связи с адаптациями трав сезонного климата к условиям переменного увлажнения / обводнения // Труды Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, 2021. – Вып. 93(96). – С. 103–115.
- Штейнберг Е. И. Кипрей – *Epilobium* L. // Флора СССР. – Т. XV. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – С. 571–621.
- Sheikh N. A., Desai T. R., Patel R. D. Pharmacognostic Evaluation of *Epilobium hirsutum* Linn. // Pharmacognosy Journal, 2016. – Vol. 8, Iss. 3. – P. 226–229. DOI: 10.5530/pj.2016.3.8
- Strgulc Krajšek S., Kreft S., Kladnik A., Drašlar K., Jogan N., Dermastia M. Morphology and glandular activity of unicellular trichomes of *Epilobium hirsutum* // Biologia Plantarum, 2011. – Vol. 55(1). – P. 149–152. DOI: 10.1007/s10535-011-0020-z