

**Анатомическое строение стебля *Bidens tripartita* (Asteraceae)
в связи с местообитанием**

**Anatomical structure of the stem *Bidens tripartita* (Asteraceae)
in connection with habitat**

Шабалкина С. В., Шулева Е. А.

Shabalkina S. V., Shuleva E. A.

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

Реферат. Описано внутреннее строение стебля в междоузлиях метамеров средней и верхней зон торможения, зоны обогащения у особей генеративного периода *Bidens tripartita* L. Стебель переходного типа, на большем протяжении – полый. Эпидерма с аномоцитным типом устьичного аппарата. Проведено сравнение анатомического строения стебля у растений, собранных в двух сообществах. Из-за близких условий биотопа биометрические параметры структур практически не отличаются.

Ключевые слова. Анатомо-топографическая зона, клетка, междоузлие, метамер, стебель, эпидерма, *Bidens tripartita*.

Summary. Internal structure of the stem in internodes of metamers middle and upper zones of inhibition, amplification zone in generative individuals *Bidens tripartita* L. is described. It is of a transitional type, for a longer length – hollow. Epidermis with an anomocytic type of stomatal apparatus. Anatomical structure of the stem in plants from two communities was compared. Due to close biotope conditions, the biometric parameters of the structures do not differ.

Key words. Anatomo-topographical zone, *Bidens tripartita*, cell, epidermis, internode, metamere, stem.

Bidens tripartita L. – череда трехраздельная – является частым объектом ботанических исследований. В связи с лекарственным значением большинство работ освещает исследования химического состава растений (Wolniak et al., 2007; Корожан, Бузук, 2013, 2015; Zagnat et al., 2013; Śliwa et al., 2016 и др.). Кроме того, описывается влияние тяжелых металлов на прорастание и развитие проростков (Крылова, Васильева, 2011а, б; Крылова, 2013 и др.), распространение и участие вида в гибридизации (Виноградова и др., 2013; Виноградова, Галкина, 2016 и др.). Значительно меньше работ посвящено специфике внутреннего строения (Исайкина, Андреева, 2011; Виноградова, Галкина, 2016). Тем не менее, анатомо-морфологические исследования остаются актуальными, позволяющими выявлять адаптации растений различного уровня к действию экологических факторов. Данное сообщение расширяет представления об анатомическом строении разных участков стебля *B. tripartita* и в связи с условиями среды.

Материалом для исследования послужили целостные генеративные особи, собранные на берегу притока р. Куборка в Кировской области в поручейничево-полевицево-камышовой и крапивной ассоциациях. Растения *B. tripartita* встречаются в сходных условиях климатопы, значения факторов эдафотопы отличаются, прежде всего, обеспеченностью азотом почвы и переменностью увлажнения. Так, в поручейничево-полевицево-камышовой ассоциации почвы беднее азотом, рН близко к нейтральной. В целом, большинство сложившихся условий являются оптимальными, за исключением переменности увлажнения. Для *B. tripartita* необходимы местообитания с умеренно или сильно переменным увлажнением, в сообществах оно слабо переменное.

Несмотря на сходство большинства условий, некоторые морфометрические параметры побеговых систем отличаются. Растения, встречающиеся в крапивной ассоциации, большей длины в 1,5–2

раза, хотя главный побег образован равным числом метамеров. У них больше боковых побегов II и III порядков, развернувшихся корзинок в 2–2,5 раза, длина и ширина листьев срединной формации.

Для изучения анатомического строения стебля побеговые системы *B. tripartita* из двух ассоциаций фиксировали в 70%-м спирте. В лаборатории от руки выполнили поперечные и парадермальные срезы в разных частях главной оси: на уровне междоузлия первого метамера, расположенного в основании побега в средней зоне торможения; на уровне междоузлий третьего–четвертого метамеров, находящихся в зоне обогащения; на уровне междоузлий пятого–седьмого метамеров, расположенных под верхушечной корзиной в верхней зоне торможения. Временные микропрепараты изучали с помощью биологического микроскопа Motic BA 300 со встроенной цифровой камерой. Измерения линейных размеров ряда структур провели посредством программного обеспечения, разработанного для этого микроскопа Г. Я. Кантором. Все количественные данные статистически обработаны и представлены в виде средних значений и стандартных отклонений.

Стебель *B. tripartita* в поперечном сечении округлый, полый, в основании до 1–1,5 см – выполненный. На поперечном срезе междоузлия стебля в верхней зоне торможения выделяются эпидерма, первичная кора и центральный цилиндр. Эпидерма однорядная, толщиной 8–20 мкм, состоит из плотно сомкнутых клеток, покрыта тонким слоем кутикулы. На периферии первичной коры имеется одно-двуслойная пластинчатая колленхима, глубже – коровую паренхиму слагают рыхло расположенные округлые клетки (рис. 1). Ограничивает первичную кору эндодерма из плотно сомкнутых клеток длиной 35–80 мкм, шириной 15–45 мкм (табл. 1). В стеле находятся открытые сосудисто-волокнистые коллатеральные проводящие пучки, в которых доля лубяных волокон составляет до 1/5. Размеры клеток склеренхимы варьируют от 3 до 10 мкм, их оболочка тоньше по сравнению с другими участками стебля, а просветы широкие. Уже дифференцируется межпучковый камбий. Диаметр клеток сердцевинной паренхимы увеличивается центростремительно, а в центре находится небольшая воздухоносная полость.

Таблица 1

Биометрические параметры структур стебля *Bidens tripartita*

Ассоциация / Параметр, мкм	Крапивная			Поручейничево-полевицево-камышовая		
	СЗТ	ЗО	ВЗТ	СЗТ	ЗО	ВЗТ
Толщина эпидермы	$14,5 \pm 4,2$ 10,0–25,0	$11,1 \pm 2,8$ 8,0–15,0	$16,6 \pm 3,0$ 13,0–20,0	$9,0 \pm 2,1$ 7,0–11,0	$13,3 \pm 4,2$ 10,0–23,0	$11,1 \pm 2,1$ 8,0–15,0
Длина клеток эндодермы	$65,0 \pm 14,5$ 50,0–80,0	$67,0 \pm 16,2$ 50,0–90,0	$60,5 \pm 17,7$ 35,0–80,0	$54,5 \pm 14,0$ 35,0–75,0	$56,0 \pm 9,1$ 40,0–70,0	$55,5 \pm 12,6$ 35,0–70,0
Ширина клеток эндодермы	$31,4 \pm 14,4$ 15,0–50,0	$29,0 \pm 15,7$ 15,0–60,0	$28,5 \pm 12,6$ 15,0–45,0	$28,0 \pm 8,2$ 15,0–40,0	$27,8 \pm 8,3$ 15,0–45,0	$29,0 \pm 7,7$ 15,0–40,0
Диаметр клеток склеренхимы	$9,1 \pm 2,4$ 6,0–15,0	$10,7 \pm 2,5$ 8,0–15,0	$6,6 \pm 2,4$ 3,0–10,0	$12,8 \pm 1,9$ 10,0–15,0	$12,5 \pm 3,7$ 8,0–15,0	$5,7 \pm 2,0$ 3,0–10,0
Диаметр ситовидных трубок флоэмы	$7,4 \pm 2,8$ 3,0–12,0	$7,8 \pm 2,4$ 5,0–11,0	$6,7 \pm 2,5$ 3,0–10,0	$8,7 \pm 3,3$ 6,0–15,0	$8,5 \pm 4,0$ 5,0–18,0	$8,0 \pm 2,1$ 5,0–10,0
Диаметр сосудов ксилемы	$13,8 \pm 4,8$ 8,0–20,0	$21,0 \pm 3,9$ 15,0–25,0	$11,5 \pm 3,9$ 8,0–20,0	$20,8 \pm 3,8$ 15,0–25,0	$27,1 \pm 8,7$ 16,0–30,0	$12,7 \pm 4,1$ 8,0–15,0

Примеч.: СЗТ – средняя зона торможения; ЗО – зона обогащения; ВЗТ – верхняя зона торможения; в числителе – среднее значение \pm стандартное отклонение; в знаменателе – min и max значения параметра.

Строение междоузлий стебля в зоне обогащения идентично (рис. 2), но колленхима становится однорядной, значительно возрастают размеры центральной воздухоносной полости и межклетников в первичной коре. Кроме того, закладываются дополнительные проводящие пучки, в которых дифференцируются преимущественно механические элементы. В первичной коре отчетливо видны вместилища выделений. Размерные параметры структур отличаются незначительно (табл. 1).

В базальной части стебель имеет непучковое строение (рис. 2). О его изначально пучковом типе свидетельствуют только рассредоточенные группы лубяных волокон. Выделяются те же анатомо-топо-

графические зоны. Эпидерма и первичная кора сходны по строению с описанными ранее. В отличие от предыдущих участков стебля, в первичной коре наблюдаются крупные межклетники, а ксилема стелы занимает значительную площадь. Диаметр сосудов ксилемы изменяется от 8 до 25 мкм, по числу их значительно меньше волокон либриформа. Это обеспечивает поддержание крупных (высотой до 90,5 см) и разветвленных побеговых систем особей *B. tripartita*, особенно произрастающих в крапивной ассоциации.

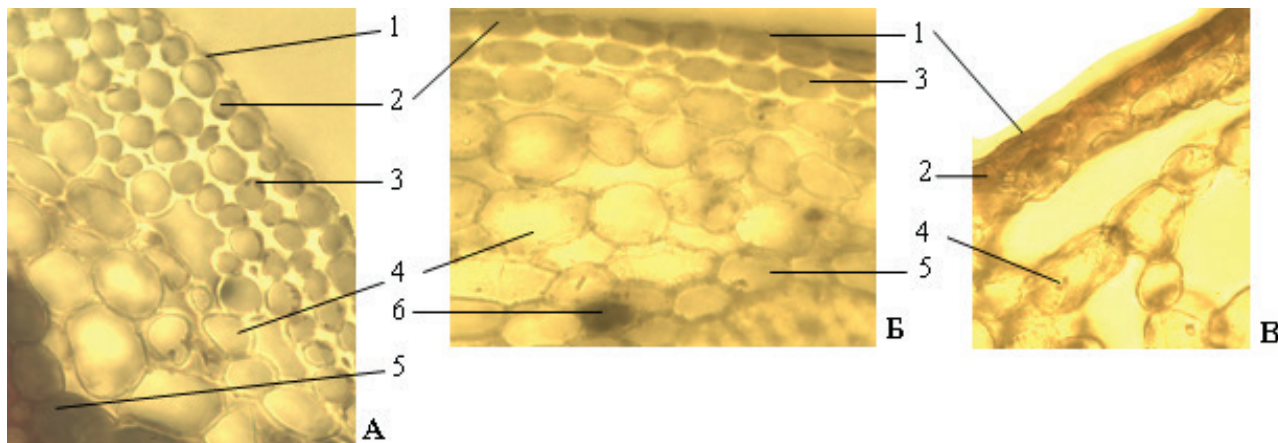


Рис. 1. Эпидерма и первичная кора на поперечном срезе стебля *Bidens tripartita* (увел. 40Ч10): А – в верхней зоне торможения; Б – в зоне обогащения; В – в средней зоне торможения; 1 – кутикула; 2 – эпидерма; 3 – пластинчатая колленхима; 4 – коровая паренхима; 5 – эндодерма; 6 – вместилище выделений.

Между проводящими и механическими элементами находятся сердцевинные лучи из 2–3 рядов овальных клеток длиной 15–45 мкм, шириной 7–18 мкм. В них накапливаются продукты метаболизма, отчетливо видимые на срезах. По сравнению с вышерасположенными фрагментами стебля в базальной части камбий идентифицируется хуже. В стеле находятся паренхимные клетки, диаметр которых увеличивается к центру. Воздухоносной полости не выявлено.

Таким образом, исследование внутреннего строения стебля в разных участках свидетельствует о его переходном типе, тогда как Н. В. Исайкина и В. Ю. Андреева (2011) описывают его пучковым.

В парадермальном срезе эпидермы стебля *B. tripartita* имеются основные клетки и аноцитные устьичные аппараты. Основные клетки эпидермы плотно примыкают друг к другу, прямоугольные, длиной 30–60 мкм и шириной 10–25 мкм (табл. 2). Устьица в нижней части стебля немногочисленны, ближе к апексу встречаются чаще, что позволяет успешнее регулировать водный баланс в условиях затопления и переменного обводнения. Размеры замыкающих клеток устьиц почти неизменны на всем протяжении оси (табл. 2).

Таблица 2

Биометрические показатели эпидермы стебля *Bidens tripartita*

Ассоциация / Параметр, мкм	Крапивная		Поручейницево-полевицево-камышовая	
	СЗТ	ЗО	СЗТ	ЗО
Длина основных эпидермальных клеток	$42,0 \pm 9,2$	$39,0 \pm 10,5$	$39,5 \pm 7,9$	$38,5 \pm 6,3$
	30,0–60,0	20,0–50,0	30,0–50,0	35,0–45,0
Ширина основных эпидермальных клеток	$15,7 \pm 4,8$	$16,0 \pm 5,7$	$15,0 \pm 6,2$	$16,5 \pm 5,8$
	10,0–25,0	10,0–25,0	10,0–25,0	10,0–25,0
Длина замыкающих клеток устьица	$14,2 \pm 5,6$	$15,6 \pm 3,4$	$14,8 \pm 5,3$	$14,0 \pm 3,9$
	10,0–25,0	10,0–20,0	10,0–25,0	10,0–20,0
Ширина замыкающих клеток устьица	$4,4 \pm 1,6$	$4,6 \pm 1,6$	$3,8 \pm 0,8$	$5,3 \pm 1,3$
	3,0–7,0	3,0–8,0	3,0–5,0	4,0–8,0

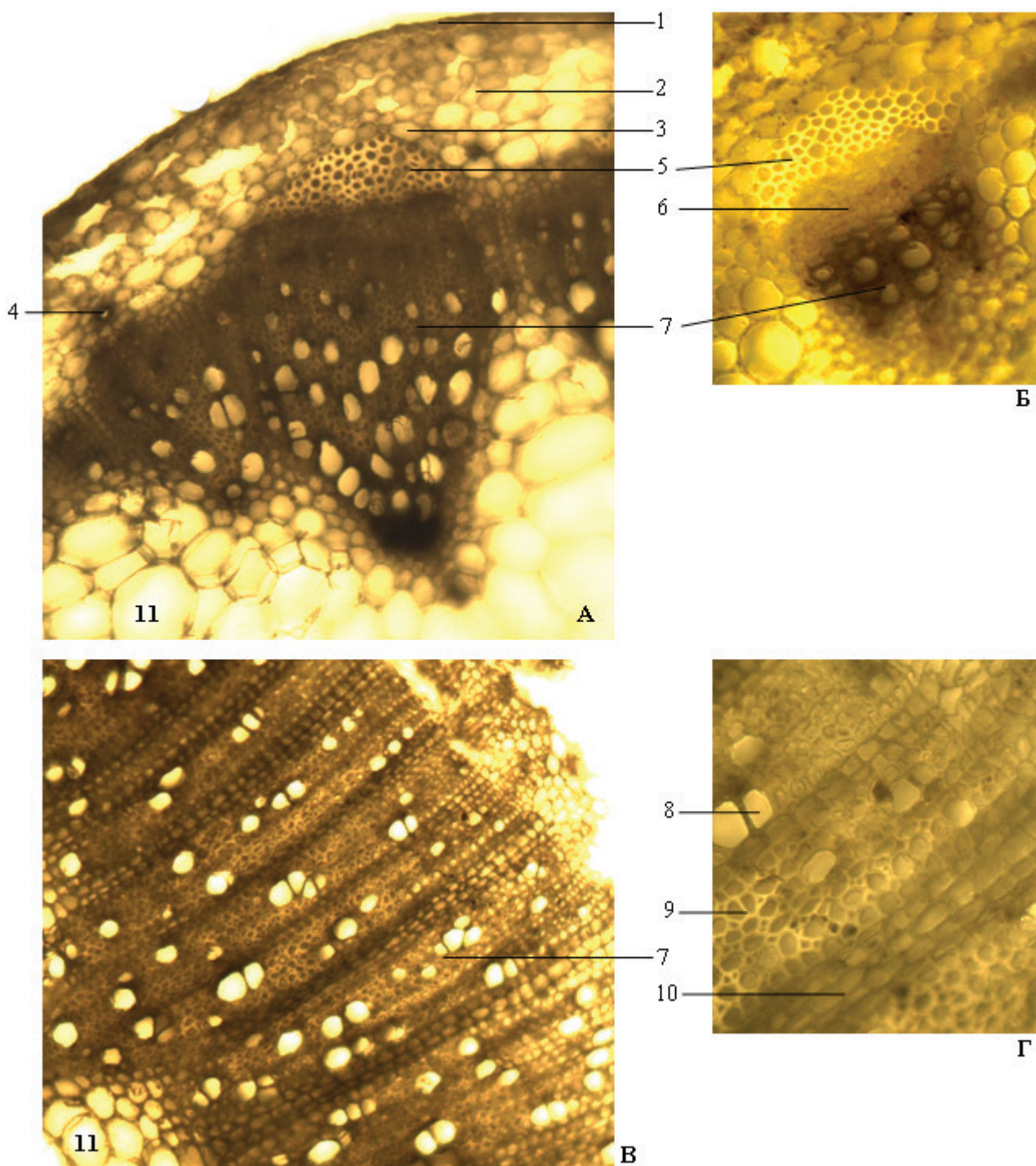


Рис. 2. Фрагменты поперечных срезов стебля *Bidens tripartita*: А – в зоне обогащения (увел. 10Ч10); Б – проводящий пучок в верхней зоне торможения (увел. 40Ч10); В – стела в средней зоне торможения (увел. 10Ч10); Г – ксилема в средней зоне торможения (увел. 40Ч10); 1 – эпидерма; 2 – первичная кора; 3 – эндодерма; 4 –местилище выделений; 5 – лубяные волокна; 6 – флоэма; 7 – ксилема; 8 – сосуды; 9 – волокна либриформа; 10 – сердцевинный луч; 11 – сердцевинная паренхима.

При сравнении анатомического строения стебля у особей из двух местообитаний (табл. 1) были выявлены следующие особенности. У организмов, встречающихся в крапивной ассоциации, эпидерма толще на 2–4 мкм, в первичной коре больше число и размеры межклетников, тогда как диаметр сосудов ксилемы на 6–7 мкм, а ситовидных трубок – на 1,5 мкм уступают таковым показателям проводящих

элементов стебля растений из другой ассоциации. Это связано с тем, что особи *B. tripartita* в крапивной ассоциации в течение всего вегетационного сезона находятся на затопленном участке. Поэтому недостаток воды растения не испытывают, но им необходимы запасы воздуха, что обеспечивается наличием большого количества в первичной коре межклетников.

Таким образом, стебель *B. tripartita* переходного типа, как и у многих представителей семейства Asteraceae. В отличие от строения изменения биометрических параметров структур стебля от основания к верхушке незначительны. Из-за близких условий биотопа их влияния на размеры клеток оси у особей из разных местообитаний не выявлено. Адаптации во внутреннем строении сформировались в результате освоения особями открытых местообитаний с повышенной влажностью воздуха и почвы.

Благодарности. Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073)

ЛИТЕРАТУРА

Виноградова Ю. К., Галкина М. А. Таксоны рода *Bidens* L. в Средней России (изменчивость и наследуемость биоморфологических признаков) // Вестник Удмуртского ун-та. Биология. Науки о Земле, 2016. – Т. 26, вып. 1. – С. 53–62.

Виноградова Ю. К., Галкина М. А., Майоров С. Р. Изменчивость таксонов рода *Bidens* L. и проблема гибридизации // Рос. журн. биол. инвазий, 2013. – № 4. – С. 2–16.

Исайкина Н. В., Андреева В. Ю. Сравнительное анатомо-морфологическое исследование видов рода *Bidens* L. // Бюл. сибирской медицины, 2011. – № 5. – С. 56–61.

Корожан Н. В., Бузук Г. Н. Сравнительный анализ компонентного состава спиртовых извлечений из травы видов череды методом жидкостной хроматографии // Вестник фармации, 2013. – № 4(62). – С. 49–56.

Корожан Н. В., Бузук Г. Н. Сравнительный анализ компонентного состава эфирного масла травы видов череды // Вестник фармации, 2015. – № 1(67). – С. 18–24.

Крылова Е. Г. Устойчивость представителей рода *Bidens* (Asteraceae) к действию сульфата цинка на начальных этапах онтогенеза // Журн. Сибирского федерального ун-та. Серия: Биология, 2013. – Т. 6, № 2. – С. 196–204.

Крылова Е. Г., Васильева Н. В. Действие сульфата никеля на начальные этапы онтогенеза растений трех видов рода *Bidens* (Asteraceae) // Раст. ресурсы, 2011а. – Вып. 1. – С. 65–71.

Крылова Е. Г., Васильева Н. В. Прорастание семян и развитие проростков представителей рода *Bidens* (Asteraceae) в растворах сульфата меди // Вестник Томского гос. ун-та, 2011б. – № 352. – С. 207–210.

Śliwa K., Sikora E., Ogonowski J., Oszmiacski J., Kolniak-Ostek J. A micelle mediated extraction as a new method of obtaining the infusion of *Bidens tripartita* // Acta biochimica Polonica, 2016. – Vol. 63, No. 3. – Pp. 543–548. DOI: http://dx.doi.org/10.18388/abp.2015_1223.

Wolniak M., Tomczykowa M., Tomczyk M., Gudej J., Wawer I. Antioxidant activity of extracts and flavonoids from *Bidens tripartita* // Acta Poloniae Pharmaceutica, 2007. – Vol. 63, No. 5. – Pp. 441–447.

Zagnat M., Cheptea C., Erac A. F. Contributions to the phytochemical study of *Bidens tripartita* herba from Romania I. Tannins // Rev. Med. Chir. Soc. Med. Nat., Iaei, 2013. – Vol. 117, No. 1. – Pp. 275–280.