

Структурная организация *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch

Structural organization of *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch

Коновалова И. А., Сухов А. В.

Konovalova I. A., Sukhov A. V.

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

Реферат. В настоящее время многие научные исследования посвящены поиску источников биологически активных соединений среди растений региональной флоры и иноземных видов. Богатые по химическому составу виды перспективны в производстве лекарственных препаратов и натуральных косметических средств. Одно из таких растений – *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, подземные органы и листья которого давно используются в народной и официальной медицине. Однако, при сборе растительного сырья важно учитывать особенности структурной организации особи для сохранения вида в природной среде и в условиях интродукции. В связи с этим цель настоящего исследования – выявить особенности структурной организации *B. crassifolia* в условиях интродукции и сформулировать рекомендации по сбору растительного сырья для получения биологически активных веществ. В ходе исследования установлено, что *B. crassifolia* развивается по моноподиальной розеточной модели побегообразования, является поликарпиком, летне-зимнезеленым вегетативно-подвижным неявнополицентрическим травянистым короткокорневищным многолетником. Учитывая особенности побегообразования особи, при сборе подземных органов следует, не изымая на поверхность и не нарушая целостности, раскопать подземные органы и собирать только проксимальные участки главной оси корневища и/или апикальные участки боковых осей корневища, выполнивших репродуктивную функцию. В качестве сырья у *B. crassifolia* также интерес представляют бурые листья второго года жизни.

Ключевые слова. Жизненная форма, интродукция, модель побегообразования, монокарпический побег, полициклический побег, сбор растительного сырья, структура почек.

Summary. Currently, many scientific studies are devoted to the search for sources of biologically active compounds among plants of regional flora and foreign species. The species rich in chemical composition are promising in the production of medicines and natural cosmetics. One of such plants is *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, underground organs and leaves of which have long been used in folk and official medicine. However, when collecting plant raw materials, it is important to take into account the peculiarities of the structural organization of the individual to preserve the species in the natural environment and in the conditions of introduction. In this regard, the aim of the present study is to identify the peculiarities of the structural organization of *B. crassifolia* under conditions of introduction and to formulate recommendations on collection of plant raw materials for obtaining biologically active substances. In the course of the study it was found that *B. crassifolia* develops according to the monopodial rosette model of shoot formation, is a polycarpic, summer-winter-green vegetative-mobile implicitly polycentric herbaceous short-rooted perennial. Taking into account the peculiarities of shoot formation of an individual, when collecting underground organs, it is necessary to excavate underground organs without removing them to the surface and without disturbing their integrity, and collect only proximal parts of the main axis of the rhizome and/or apical parts of lateral axes of the rhizome that have fulfilled reproductive function. The brown leaves of *B. crassifolia* of the second year of life are also of interest as a raw material.

Key words. Bud structure, collection of plant raw materials, introduction, life form, monocarpic shoot, polycyclic shoot, shoot formation model.

Введение. Бадан толстолистный (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch) – южносибирский вид, произрастающий в лесном и альпийском поясах на высоте до 2000 м над ур. м. на территории Сибири, Монголии и Северного Китая. В Якутии проходит северо-восточная граница ареала вида (Дарханова и др., 2016). В европейской части континента *B. crassifolia* произрастает в ряде стран Европы и южно-европейской части России как интродуцент (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:790361-1>) (рис. 1).



Рис. 1. Ареал *B. crassifolia*. Условные обозначения: зеленым цветом обозначен первичный ареал вида, фиолетовым – территории, на которых вид интродуцирован.

Бадан толстолистный известен как декоративное и лекарственное растение. Подземные органы и листья *B. crassifolia* богаты биологически активными веществами, в том числе фенольными соединениями, представляющими интерес в фармакологической и косметической промышленности (Chernetsova et al., 2012; Koul et al., 2020). Для получения экстрактов и извлечения активных компонентов необходимо производить сбор растительного сырья в определенные фазы развития особи. При этом важно учитывать особенности структурной организации и побегообразования растения с целью сохранения вида, особенно в условиях интродукции. В связи с этим цель настоящего исследования – выявить особенности структурной организации *B. crassifolia* в условиях интродукции и сформулировать рекомендации по сбору растительного сырья для получения биологически активных веществ.

Материалы и методы. Материалом для исследования служили особи и отдельные побеговые системы *B. crassifolia*, изученные на территории дендрария ботанического сада Вятского государственного университета в октябре 2022 г. У *B. crassifolia* описывали типы побегов, положение их в пространстве и степень воздействия на среду. Особое внимание уделяли структуре подземных органов. Для этого растения раскапывали, стараясь сохранить их целостность, изымали отдельные побеговые системы для дальнейшего морфологического анализа. В лабораторных условиях определяли тип, способ нарастания и длительность жизни подземных органов; наличие на них почек возобновления и спящих почек, их число и емкость; с помощью линейки и штангенциркуля выполняли замеры длины и толщины междоузлий. Отдельные элементы побеговых систем изучали с помощью бинокля Микромед МС-2-ZOOM со встроенным видеоокуляром. Полученные в ходе морфологического анализа результаты сопровождали фотоматериалами, а также отражали в виде схем и рисунков, которые выполняли в программе Adobe illustrator CS6.

За основу исследования принят разработанный И. Г. Серебряковым (1952, 1959) сравнительно-морфологический метод описания отдельных структур. Модели побегообразования описаны с позиций Т. И. Серебряковой (1981). Жизненная форма растения охарактеризована в соответствии с представлениями И. Г. Серебрякова (1962, 1964), биологический тип – по С. Raunkiaer (1905, 1934). Жизненную форму описывали по ряду признаков, предложенных Н. П. Савиных (2003).

Результаты и их обсуждение. Подземная часть особи представлена толстым ветвистым горизонтально нарастающим корневищем с системой узловых придаточных корней (рис. 2). Корневище составляет в среднем 1,7 см в толщину и, согласно данным литературных источников (Федосеева, 2005), до 2 м в длину. Несмотря на длину, корневище слагают многочисленные компактные резиды (побеги прошлых лет) с короткими междоузлиями, живущие до 20–30 и более лет (Нухимовский, 2002). В связи с этим *B. crassifolia* называют полудлиннокорневищным растением (Нухимовский, 2002). В узлах резидов расположены основания отмерших листьев срединной формации, обеспечивающие черную окраску корневища, и пазушные почки. Корневище *B. crassifolia* нарастает моноподиально, ветвится акропетально и отмирает с проксимального конца. Оно эпигеогенное (или вторично-подземное), занимающее подземное положение в результате контрактильности узловых придаточных корней.

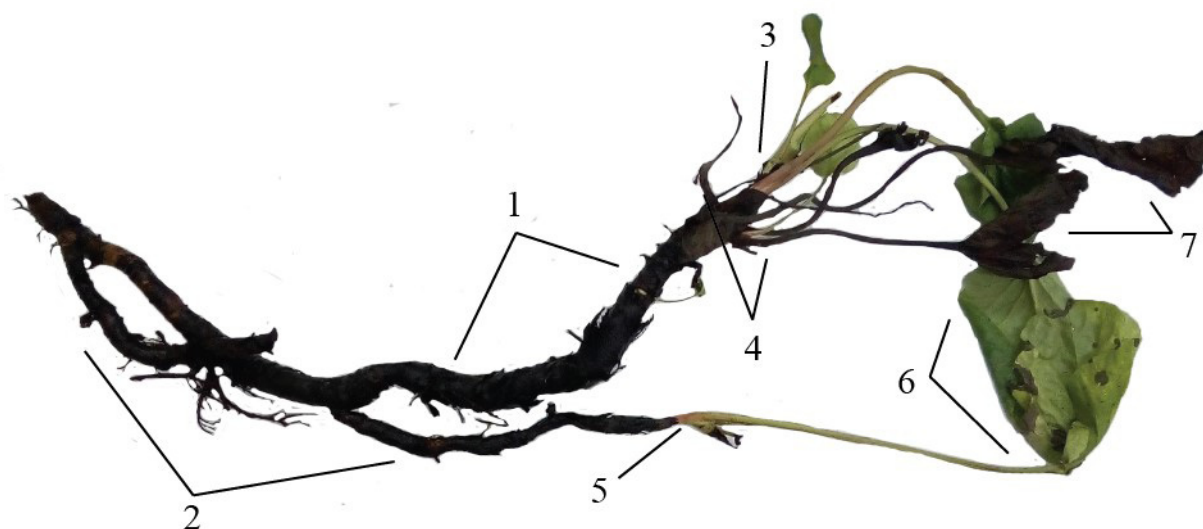


Рис. 2. Внешний вид части корневища *B. crassifolia*. Условные обозначения: 1 – главная ось корневища; 2 – боковые оси корневища; 3 – терминальный побег текущего года главной оси корневища; 4 – боковые побеги текущего года главной оси корневища; 5 – терминальный побег текущего года боковой оси корневища; 6 – живые листья срединной формации побегов текущего года; 7 – отмершие листья срединной формации.

Развитие побеговых систем *B. crassifolia* определяется строением почек. Структура терминальных почек побегов в составе главной и боковых осей корневища различается. Верхушечная почка главной оси корневища крупная (около 1,7 см в диаметре и 2,3 см в длину), открытая, вегетативная, емкостью 4–6 листовых зачатков, в пазухах которых расположены почки (рис. 3). Так, в терминальной почке главной оси корневища полностью заложен будущий побег, развивающийся весной следующего года. Он открытый розеточный многолетний полициклический, никогда не переходящий к цветению. Главная ось корневища состоит из закономерно повторяющихся побегов этого типа. В изученных побеговых системах *B. crassifolia* насчитывается 13–20 побегов в составе главной оси корневища. Они обеспечивают моноподиальное нарастание этой оси, занятие и освоение новых территорий.

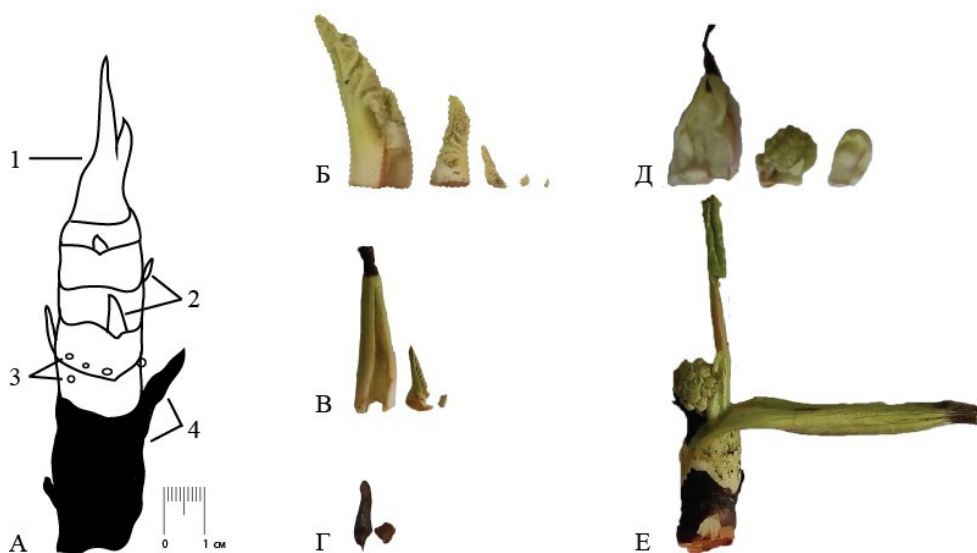


Рис. 3. Структура почек *B. crassifolia*. Условные обозначения: А – апикальный участок главной оси корневища; Б – емкость терминальной вегетативной почки главной оси корневища (5 листовых зачатков); В – емкость боковой вегетативной почки главной оси корневища (3 листовых зачатка); Г – емкость боковой спящей вегетативной почки главной оси корневища; Д – емкость терминальной вегетативно-генеративной почки боковой оси корневища; Е – апикальный участок боковой оси корневища с терминальной вегетативно-генеративной почкой; 1 – терминальная вегетативная почка; 2 – вегетативные боковые почки; 3 – корневые примордии; 4 – основания отмерших листьев срединной формации.

Верхушечные почки боковых осей корневища также крупные (около 1,5 см в диаметре и 2 см в длину), открытые, вегетативные, емкостью 4–5 листовых зачатков с пазушными почками или вегетативно-генеративные, включающие 2–3 листовых зачатка с пазушными почками и зачаток будущего соцветия. Из вегетативной почки развивается такой же побег, как и у главной оси корневища. Вегетативно-генеративная почка реализуется в побег второго типа – закрытый розеточный многолетний полициклический монокарпический. Оба типа побегов *B. crassifolia* нарастают моноподиально в течение ряда лет, и только на побегах боковых осей корневища возможно развитие терминального соцветия. Они обеспечивают семенное воспроизведение особи.

Боковые почки побегов главной и боковых осей корневища имеют одинаковое строение. Они мелкие (около 0,5 см в диаметре и 2 см в длину), открытые, емкостью всего 2 листовых зачатка. Они локализованы в пазухах ассимилирующих и отмерших листьев срединной формации на корневище. Из этих почек развиваются полициклические побеги второго типа, формирующие боковые оси корневища. Они заполняют и осваивают пространство, занятое главной осью корневища. Большая часть таких почек является спящими, на более старых резидях покрытыми бурыми, плотными катафиллами.

В узлах на прошлогодних побегах развиваются корневые примордии (рис. 3). Они дают начало придаточным корням, которые образуют целые мочки, обеспечивают питанием молодые побеги и обладают контрактильной способностью.

Побеги *B. crassifolia* имеют длинночерешковые крупные листья с цельной листовой пластинкой, живущие обычно 2–3 года. Листья развиваются весной после цветения, зимуют, сохраняя зеленую окраску, весной снабжают растение питательными веществами, буреют, затем отмирают.

На основании вышеизложенного жизненную форму *B. crassifolia* определяем как поликарпик; летне-зимнезеленый вегетативно-подвижный неявнополицентрический травянистый короткокорневищный многолетник с моноподиальной розеточной моделью побегообразования и специализированной нормальной полной морфологической дезинтеграцией; геофит.

Учитывая особенности структурной организации и побегообразования *B. crassifolia*, предлагаем ряд рекомендаций по сбору растительного сырья для получения биологически активных соединений. Сбор подземных органов необходимо осуществлять осенью, в период максимального накопления питательных веществ. При этом аккуратно, не изымая на поверхность и не нарушая целостности, раскопать подземные органы, собирать проксимальные участки главной оси корневища и/или апикальные участки боковых осей корневища, выполнивших репродуктивную функцию. Сбор апикальных частей главной оси корневища может привести к истощению или полной гибели особи. Возобновление таких растений будет возможно только за счет реализации боковых и спящих почек корневища, развитие которых так или иначе будет завершаться формированием терминального соцветия. При сборе листьев необходимо обращать внимание на бурые листья второго года жизни, выполнившие функцию ассимиляции и накопившие достаточное количество активных компонентов.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках проекта «Трансформация образовательного курса «Технологии переработки растительного сырья» программы магистратуры 06.04.01 Биология. Разработка фито-косметических средств», реализуемого победителем грантового конкурса для преподавателей 2023/2024 Стипендиальной программы Владимира Потанина.

ЛИТЕРАТУРА

- Дарханова В. Г., Строева Н. С., Бараишкова Н. В. Об особенностях начального этапа клонального микроразмножения бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch) *in vitro* в Якутии // Научный журнал КубГАУ, 2016. – № 121(07). – С. 9.
- Нухимовский Е. Л. Основы биоморфологии семенных растений: в 2 т. – М.: Оверлей, 2002. – Т. 2. – 858 с.
- Савиных Н. П. О жизненных формах водных растений // Гидрботаника: методология, методы: Матер. Школы по гидрботанике (Борок, 8–12 апреля 2003 г.). – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. – С. 39–48.
- Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М.: Сов. наука, 1952. – 391 с.
- Серебряков И. Г. Типы развития побегов у травянистых многолетников и факторы их формирования // Учен. зап. МГПИ им. В. П. Потемкина, 1959. – Т. 100, Вып. 5. – С. 3–37.
- Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. – М.: Высш. школа, 1962. – 378 с.
- Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника, 1964. – Т. 3. – С. 146–205.
- Серебрякова Т. И. Жизненные формы и модели побегообразования наземно-ползучих многолетних трав // Жизненные формы: структура, спектры и эволюция. – М.: Наука, 1981. – С. 161–179.

Федосеева Л. М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch), произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья, 2005. – № 3. – С. 45–50.

Bergenia crassifolia (L.) Fritsch. – Royal Botanic Gardens, Kew. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:790361-1> (Accessed 10 May 2024).

Chernetsova E. S., Crawford E. A., Shikov A. N., Pozharitskaya O. N., Makarov V. G., Morlock G. E. ID-CUBE direct analysis in real time high-resolution mass spectrometry and its capabilities in the identification of phenolic components from the green leaves of *Bergenia crassifolia* L. // Rapid Commun Mass Spectrom, 2012. – Vol. 26 (11). – P. 1329–37. DOI: 10.1002/rcm.6226

Koul B., Kumar A., Yadav D., Jin J.-O. *Bergenia* Genus: traditional uses, phytochemistry and pharmacology // Molecules, 2020. – Vol. 25(23). – P. 5555. DOI: 10.3390/molecules25235555

Raunkiaer C. Types biologiques pour la géographie botanique. Oversigt over det Kgl. // Danske Videnskabernes Selsk. Forhandl, 1905. – № 5. – P. 347–437.

Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. – Oxford: Clarendon Press, 1934. – 632 s.