
ИНТРОДУКЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
РАСТЕНИЙ В ИНДУСТРИАЛЬНОМ РЕГИОНЕ

УДК 581.4:581.5:581.8

DOI: 10.5281/zenodo.21492835

Н.В. Пятница, А.З. Глухов

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
АДАПТАЦИИ ЛИСТЬЕВ НЕКОТОРЫХ ТРАВЯНИСТЫХ
РАСТЕНИЙ КОЛЛЕКЦИИ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО
САДА

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Донецкий ботанический сад»

В работе представлены результаты анатомо-морфологического исследования листьев зимнезеленых травянистых растений коллекции Донецкого ботанического сада: *Waldsteinia ternata* (Stephan) Fritsch, *Geranium* × *cantabrigiense* P.F. Yeo, *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch и *Helleborus caucasicus* A. Braun. Исследование выполнено методом световой микроскопии. Проанализированы толщина кутикулы, выраженность эпикуткулярного воскового налета и особенности опушения листовой поверхности. Установлено, что *B. crassifolia* и *H. caucasicus* характеризуются наиболее развитым кутикулярно-восковым барьером и максимальной толщиной кутикулы, тогда как *W. ternata* и *G. × cantabrigiense* обладают менее выраженной кутикулой, компенсируемой развитым опушением. Выявленные отличия отражают различные стратегии адаптации растений к условиям климатической вариабельности и светового режима.

Ключевые слова: адаптация, кутикула, восковой налет, климатическая изменчивость, климатический градиент

Цитирование: Пятница Н.В., Глухов А.З. Анатомо-морфологические особенности адаптации листьев некоторых травянистых растений коллекции Донецкого ботанического сада // Промышленная ботаника. 2026. Вып. 26, № 2. С. 41–46. DOI: 10.5281/zenodo.21492835

Введение

Вариабельность температурного режима является одним из ключевых факторов, определяющих распределение видов, структуру растительных сообществ и особенности функционирования экосистем [5, 8]. В условиях современных климатических изменений значение данного фактора существенно возрастает, поскольку температурные колебания оказывают влияние на морфологические, анатомические и физиологические характеристики растений, а также на формирование их адаптационных стратегий [6, 9].

Одним из важнейших адаптационных образований растений является кутикула, выполня-

ющая барьерную функцию и регулирующая интенсивность транспирации [7]. Кутикула формирует дополнительный гидрофобный барьер, ограничивающий потери воды при закрытии устьиц, что способствует поддержанию водного баланса и сохранению метаболической активности растений в условиях дефицита влаги [5]. Кроме того, кутикула представляет собой важнейший защитный компонент покровных тканей, обеспечивающий устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов среды. Толщина, химический состав и структурные особенности кутикулярного слоя рассматриваются как значимые показатели адап-

тации растений к различным экологическим условиям [7].

Формирование кутикулы у сосудистых растений рассматривается как одно из ключевых эволюционных приобретений, обеспечивших освоение наземных местообитаний за счет снижения неконтролируемого испарения воды с поверхности эпидермиса. Существенную роль в защите растений от абиотических стрессов играет восковой налет, представленный кутикулярными и эпикутикулярными восками. Степень развития воскового покрытия, его химический состав и микроструктура варьируют в зависимости от экологических условий и могут служить индикаторами устойчивости растений к климатическим изменениям. Одной из важнейших функций эпикутикулярных восков является защита тканей растений от избыточного ультрафиолетового излучения, перегрева и чрезмерной потери влаги [10].

Ряд исследований свидетельствует о том, что засушливые условия способны вызывать увеличение массы восков, отложенных на единицу площади листовой поверхности [9]. Однако взаимосвязь между количеством кутикулярных восков, интенсивностью транспирации и устойчивостью к засухе не является линейной.

Цель и задачи исследований

Целью данного исследования был анализ адаптивных морфологических и анатомических характеристик листьев *Waldsteinia ternata* (Stephan) Fritsch, *Geranium* × *cantabrigiense* P.F. Yeo, *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch и *Helleborus caucasicus* A. Braun. в коллекции Донецкого ботанического сада.

В задачи работы входило изучение анатомических особенностей листового аппарата исследуемых видов: толщины кутикулы, выраженности эпикутикулярного воскового налета и особенностей опушения листовой поверхности.

Объекты и методики исследований

Объектами исследования выступали зимнезеленые травянистые растения: *Waldsteinia ternata*, *Geranium* × *cantabrigiense*, *Bergenia*

crassifolia и *Helleborus caucasicus*. Исследования проводили в весенне-летний период 2025 г. на базе коллекционного фонда Донецкого ботанического сада.

Для исследования отбирали листья взрослых, хорошо развитых растений. Из средней части листовой пластинки изготавливали поперечные срезы, которые изучали с использованием светового микроскопа при увеличении ×100–400.

Морфометрическую и статистическую обработку данных выполняли с использованием программного обеспечения Fiji, языка программирования Python и библиотек Matplotlib и SciPy.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенный анализ морфолого-анатомических признаков выявил выраженные межвидовые различия, отражающие особенности адаптации исследуемых растений к условиям внешней среды.

Для *B. crassifolia* (рис. 1) и *H. caucasicus* (рис. 2) характерны крупные кожистые листья с плотным мезофиллом, хорошо развитая кутикула и выраженный эпикутикулярный восковой налет. Подобные признаки рассматриваются как адаптация к условиям повышенной инсоляции, температурных колебаний и дефицита влаги.

У *W. ternata* (рис. 3) и *G. cantabrigiense* (рис. 4) кутикулярный слой выражен слабее, однако компенсируется наличием развитого опушения. Для данных видов также характерен дифференцированный мезофилл, представленный палисадной и губчатой паренхимой.

У *W. ternata* листовые пластинки и стебли покрыты преимущественно простыми нежелезистыми трихомами, формирующими густое опушение, тогда как у *G. cantabrigiense* выявлены как простые, так и железистые трихомы (табл. 1).

Результаты морфометрического анализа показали значительные различия толщины кутикулы между исследуемыми видами (табл. 2).

Наибольшая толщина кутикулы выявлена у *H. caucasicus* (36,6 мкм), тогда как минимальные значения отмечены у *G. cantabrigiense* (5,7 мкм). У *B. crassifolia* также установлены

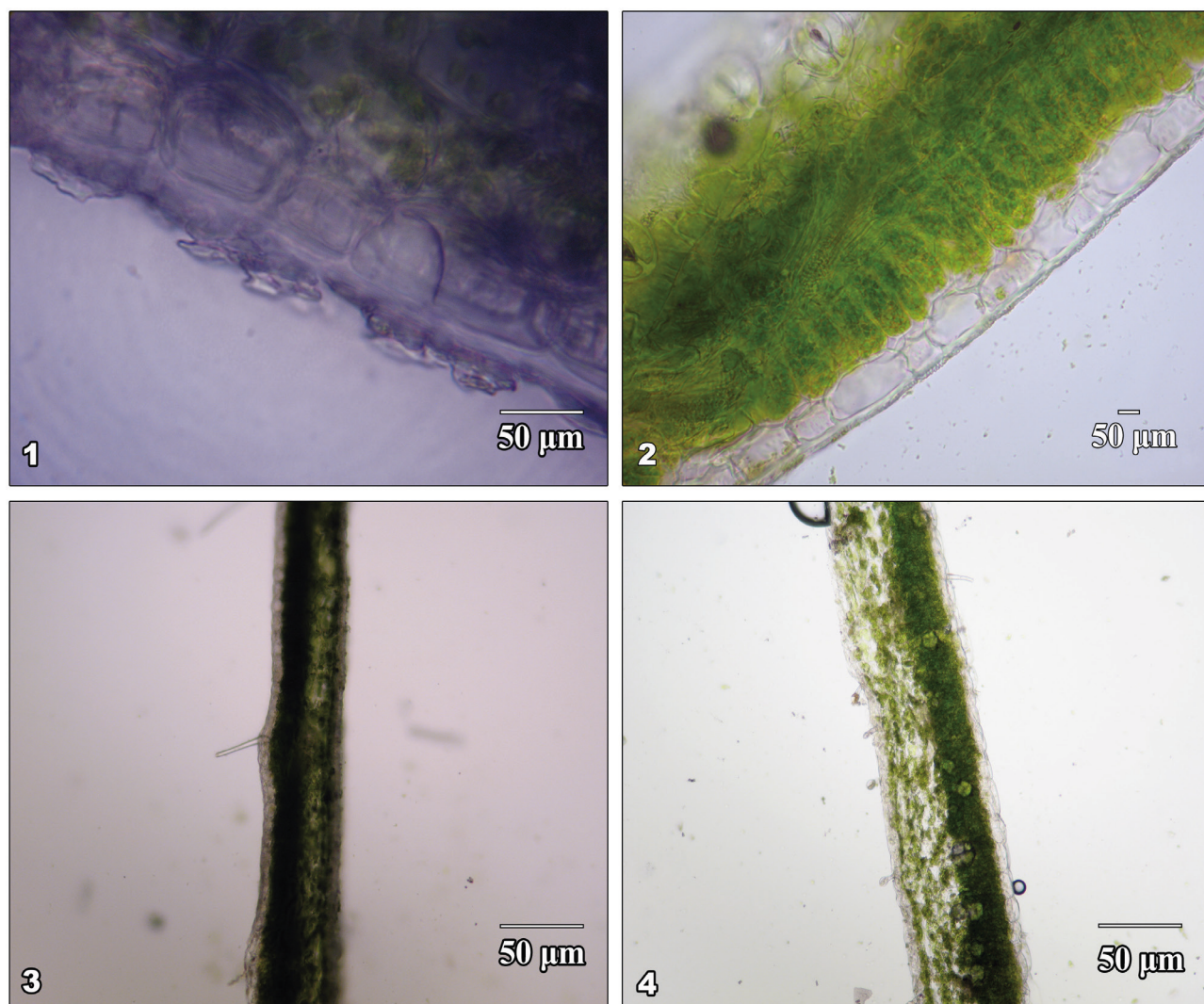


Рис. 1–4. Морфолого-анатомические особенности исследуемых видов: 1 – эпикуткулярный воск на листовой пластине *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch; 2 – эпикуткулярный воск на листовой пластине *Helleborus caucasicus* A. Braun.; 3 – трихомы на поверхности листовой пластины *Waldsteinia ternata* (Stephan) Fritsch; 4 – трихомы на поверхности листовой пластины *Geranium* × *cantabrigiense* P.F. Yeo

Fig. 1–4. Morphological and anatomical features of the studied species: 1 – epicuticular wax plaque on *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch; 2 – epicuticular wax plaque on *Helleborus caucasicus* A. Braun sheet; 3 – trichomas on the surface of the *Waldsteinia ternata* (Stephan) Fritsch leaf plate; 4 – trichomas on the surface of the *Geranium* × *cantabrigiense* P.F. Yeo sheet

Таблица 1. Морфолого-анатомические особенности исследуемых видов

Вид	Восковой налет	Опушение	Тип трихом
<i>Waldsteinia ternata</i> (Stephan) Fritsch	слабый	выраженное	простые; нежелезистые
<i>Geranium</i> × <i>cantabrigiense</i> P.F. Yeo	слабый	выраженное	простые; железистые
<i>Bergenia crassifolia</i> (L.) Fritsch	выраженный	отсутствует / слабое	отсутствуют
<i>Helleborus caucasicus</i> A. Braun	выраженный	слабое	отсутствуют

Таблица 2. Толщина кутикулы исследуемых видов растений, мкм

Вид	Среднее	SD	Минимум	Максимум
<i>Waldsteinia ternata</i> (Stephan) Fritsch	6,1	0,6	5,2	7,1
<i>Geranium</i> × <i>cantabrigiense</i> P.F. Yeo	5,7	0,6	5,1	6,3
<i>Bergenia crassifolia</i> (L.) Fritsch	10,0	1,1	8,9	11,2
<i>Helleborus caucasicus</i> A. Braun	36,6	1,1	35,5	37,7

Примечание. SD – отклонение значений переменной от арифметического среднего.

высокие показатели толщины кутикулы и выраженное восковое покрытие поверхности листа.

Для *W. ternata* и *G. cantabrigiense* характерна более тонкая кутикула, однако компенсаторную функцию выполняет развитое опушение, способствующее снижению перегрева листовой поверхности и уменьшению интенсивности транспирации.

Полученные результаты согласуются с литературными данными. Для *B. crassifolia* описаны плотные кожистые листья с развитым кутикулярно-восковым барьером [11]. Для представителей рода *Helleborus* Tournef. L. также отмечается выраженная анатомическая пластичность листьев в зависимости от условий среды [1, 2, 3, 12].

Исследования *W. ternata* показывают, что при повышенной освещенности увеличивается толщина листовой пластинки и мезофилла, что соответствует гелиофитному типу адаптации [4]. Для *G. cantabrigiense* литературные данные ограничены, однако особенности опушения и строения эпидермиса указывают на наличие адаптационных механизмов, связанных с защитой листовой поверхности от перегрева и потери влаги.

Выводы

Установлено, что исследуемые виды обладают различными морфолого-анатомическими адаптациями к условиям климатической variability. Для *Bergenia crassifolia* и *Helleborus caucasicus* характерно формирование мощного кутикулярно-воскового барьера, проявляющегося в значительной толщине кутикулы и выраженном восковом налете. У *Waldsteinia ternata* и *Geranium* × *cantabrigiense* адаптивная стратегия связана с развитием опушения и формированием трихом различного типа. Максимальная тол-

щина кутикулы выявлена у *Helleborus caucasicus* (36,6 мкм), минимальная – у *Geranium* × *cantabrigiense* (5,7 мкм). Выявленные различия отражают особенности экологической специализации исследуемых видов и их приспособленность к различным условиям освещенности.

Работа выполнена в рамках государственной темы «Комплексное изучение биоресурсного потенциала растений мировой флоры для содействия экологической стабилизации и устойчивого развития» (Регистрационный № 126020616725-0).

1. Володько И.К., Лунина Н.М. Состояние фотосинтетического аппарата зимнезеленых травянистых растений в период осенней вегетации // Состояние и перспективы прикладных исследований в ботанических садах. Доклады международной научной конференции (Вильнюс, 18–19 сентября 2001 г.). Вильнюс, 2001. С. 105–110.
2. Гулия В.О., Орловская Т.В. Морфолого-анатомическое исследование генеративных органов *Helleborus caucasicus* и *Helleborus abchasicus* // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1367.
3. Чумао С.И., Чернявская И.В., Муготлев М.А. Физиологические особенности растений рода Морозник в условиях Ботанического сада АГУ // Алтуховские чтения. Материалы круглого стола, посвященного 100-летию доктора биологических наук, профессора Михаила Даниловича Алтухова (Майкоп, 28 марта 2025 г.). Майкоп: Изд-во Адыгейского университета, 2026. С. 139–144.
4. Belaeva T.N., Butenkova A.N. Anatomy of the leaf blades of *Waldsteinia ternata* grown under

Промышленная ботаника, 2026. Вып. 26, № 2.

- different light conditions // *Acta Biologica Sibirica*. 2021. Vol. 7. P. 381–390.
5. *Demmig-Adams B.*, Adams W.W. The xanthophyll cycle, protein turnover, and the high light tolerance of sun-acclimated leaves // *Plant Physiology*. 1993. Vol. 103, Iss. 4. P. 1413–1420.
6. *Elkiran O.* The comparative morphological, anatomical and palynological studies on the genus *Helleborus* (Ranunculaceae) growing in Turkey // *Pakistan Journal of Botany*. 2023. Vol. 55, Iss. 2. P. 539–547.
7. *Glerum C.* Reviews: Responses of plants to environmental stresses. 2nd Edition. Volume 1. Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses // *Forest Science*. 1981. Vol. 27. P. 543–544.
8. *Hendrychová H.*, Vildová A., Kocevar-Glavac N., Tůmová L., Kanybekovna E.A., Tůma J. Antioxidant activity and phenolic content of *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, *B. × ornata* and *B. ciliata* // *Natural Product Communications*. 2014. Vol. 9, N 4. P. 519–522.
9. *Öquist G.*, Huner N.P.A. Photosynthesis of overwintering evergreen plants // *Annual Review of Plant Biology*. 2003. Vol. 54. P. 329–355.
10. *Taiz L.*, Zeiger E., Møller I. M., Murphy A. *Plant Physiology and Development*. 6th ed. Sunderland, 2015. 761 p.
11. *Van Goethem D.*, De Smedt S., Valcke R., Potters G., Samson R. Seasonal, diurnal and vertical variation of chlorophyll fluorescence on *Phyllostachys humilis* in Ireland // *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8, Iss. 8. e72145.

Поступила в редакцию: 16.05.2026

UDC 581.4:581.5:581.8

ANATOMICAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF LEAF ADAPTATION IN SOME HERBACEOUS PLANTS FROM THE COLLECTION OF THE DONETSK BOTANICAL GARDEN

N.V. Pyatnitsa, A.Z. Glukhov

Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk botanical garden»

The paper presents the results of an anatomical and morphological study of leaves of wintergreen herbaceous plants from the collection of the Donetsk Botanical Garden: *Waldsteinia ternata* (Stephan) Fritsch, *Geranium* × *cantabrigiense* P.F. Yeo, *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch and *Helleborus caucasicus* A. Braun. The study was carried out using light microscopy. Cuticle thickness, epicuticular wax development and pubescence characteristics were analyzed. It was established that *B. crassifolia* and *H. caucasicus* are characterized by a well-developed cuticular-wax barrier and maximum cuticle thickness, whereas *W. ternata* and *G. × cantabrigiense* possess a thinner cuticle compensated by dense pubescence. The revealed differences reflect various adaptive strategies of plants under conditions of climatic variability and changing light regime.

Key words: adaptation, cuticle, wax pattern, climate variability, climate gradient

Citation: Pyatnitsa N.V., Glukhov A.Z. Anatomical and morphological features of leaf adaptation in some herbaceous plants from the collection of the Donetsk Botanical Garden // Industrial Botany. 2026. Vol. 26, N 2. P. 41–46. DOI: 10.5281/zenodo.21492835
