

УДК 581.9

DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-3-268-273

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕТРОФИТНОГО РАСТЕНИЯ
GYPSOPHILA JUZEP CZUKII IKONN. (CARYOPHYLLACEAE)**

© 2025 В.Н. Нестеров*, Д.М. Ульянова, Е.С. Богданова, В.А. Розенцвет

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН
ул. Комзина, 10, г. Тольятти, Самарская обл., 445003, Россия
*e-mail: nesvik1@mail.ru

Аннотация. Приведено сравнительное исследование морфологических и физиологических характеристик петрофитного растения *Gypsophila juzepczukii* Ikonn. (Caryophyllaceae), произраставшего в разных популяциях на территории Жигулевского заповедника Самарской области. Выявлено, что *G. juzepczukii* хорошо приспособлен к существованию, как на каменистом субстрате (П-1), так и на вертикальных скальных поверхностях (П-2). При этом у растений П-2 отмечали большую длину и ширину листа, содержание фотосинтетических пигментов, а также антиоксидантов. Таким образом, в данном исследовании на примере двух популяций *G. juzepczukii* были показаны вариации морфологических и физиологических характеристик в зависимости от места произрастания растений.

Ключевые слова: петрофиты, адаптация, морфологические и физиологические особенности, *Gypsophila juzepczukii*.

Поступила в редакцию: 03.07.2025. **Принято к публикации:** 30.08.2025.

Для цитирования: Нестеров В.Н., Ульянова Д.М., Богданова Е.С., Розенцвет В.А. 2025. Сравнительное исследование морфологических и физиологических характеристик петрофитного растения *Gypsophila juzepczukii* Ikonn. (Caryophyllaceae). — Фиторазнообразие Восточной Европы. 19(3): 268–273. DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-3-268-273

ВВЕДЕНИЕ

Петрофиты или литофиты – растения, приспособленные произрастать на каменистых субстратах: на скалах, осыпях, галечниках, щебнистых местах, ледниковых моренах, эродированных склонах (Golubev, Golubeva, 1992; Kovaleva, 2013). Они широко распространены во всех горных системах и характеризуются богатым видовым составом (Boronina, Korolev, 2018; Grechushkina, 2011). Экологические особенности местообитаний петрофитов отличаются не только специфичностью почвенного субстрата, но климатическими и микроклиматическими условиями (резкими перепадами температур, сильными ветрами, высокой освещенностью, водным дефицитом) (Golub et al., 2009; Nurmatov, 2024). Как правило, у многих растений наблюдается наличие мелких, густо опушенных листьев с восковым покрытием или толстой кутикулой, что способствует снижению транспирационных потерь.

Известно, что морфологические признаки листа, такие как длина, ширина, площадь, связаны с условиями среды (Schrader et al., 2021). Размер листьев напрямую связан с терморегуляцией и, следовательно, с фотосинтезом, транспирацией и дыханием (Leigh et al., 2017). Эффективность работы фотосинтетического аппарата зависит от содержания пигментов, обеспечивающих адсорбцию квантов света, а изменения их состава влияет на фотосинтетическую продуктивность растений (Sherin et al., 2022).

Различные факторы среды могут вызывать окислительный стресс и развитие перекисного окисления липидов (ПОЛ). Окислительный стресс способствует накоплению активных форм кислорода (АФК), приводящих к разрушению белков клеточной мембраны, нарушению работы фотосинтетического аппарата растений (Janků 2019). Окислительный стресс возникает, когда существует серьезный дисбаланс между продукцией АФК и антиоксидантной защитой. Растительные флавоноиды – антиоксиданты, демонстрирующие богатое структурное

разнообразие, обладают способностью ингибировать АФК, тем самым снижая окислительный стресс (Patil et al., 2024).

Целью работы было – провести сравнительную оценку изменения морфологических и физиологических характеристик петрофитного растения *Gypsophila juzepczukii*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследованные растения *Gypsophila juzepczukii* Kconn. (сем. Caryophyllaceae) произрастали на территории Жигулевского заповедника Самарской области в двух популяциях: степной каменистый склон (П-1); эрозивное углубление, образованное на поверхности останца (П-2). Растительный материал отбирали в первой декаде июня 2023 г. Для анализов использовали сполностью сформированные листья как описано в работе Bogdanova et al., 2025. Линейные размеры листа (длина, ширина) измеряли по фотографиям с помощью компьютерного анализа изображений в программе JMicroVision-v.1.3.4 (Nicolas Roudit). Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрически в ацетоновом экстракте (90%) при λ – 662, 645 и 470 нм по методу Н.К. Lichtenthaler (1987). Интенсивность ПОЛ определяли по накоплению малонового диальдегида (МДА) по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой (Bogdanova et al., 2022). Флавоноиды извлекали из сухого растительного материала 96-м % этанолом. Количество флавоноидов определяли с помощью реакции комплексообразования флавоноидов с хлоридом алюминия. Оптическую плотность полученных растворов измеряли на спектрофотометре при λ – 411 нм (Adamtsevich et al., 2020).

Анализ каждого компонента проводили трижды в каждой биологической пробе. Статистическая обработка данных выполнена с использованием программ Microsoft Excel 2010. Данные в таблицах и рисунках представлены как среднее арифметическое со стандартной ошибкой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что петрофитные растения чаще всего делят на две группы: хасмофиты (обитатели скал) и гляреофиты (обитатели подвижных субстратов). Растение *G. juzepczukii* является петрофитно-степным видом, произрастает на крутых каменистых склонах в сообществах каменистой степи и относится к облигатным кальцефитам. На территории Самарской области *G. juzepczukii* является узколокальным эндемиком Жигулевской возвышенности. На рисунке 1 показано, что растения *G. juzepczukii* хорошо приспособлены к существованию, как на каменистом субстрате, так и на вертикальных скальных поверхностях, расселяясь в расщелинах. Таким образом, данный вид можно отнести как к хасмофиту, так и гляреофиту.

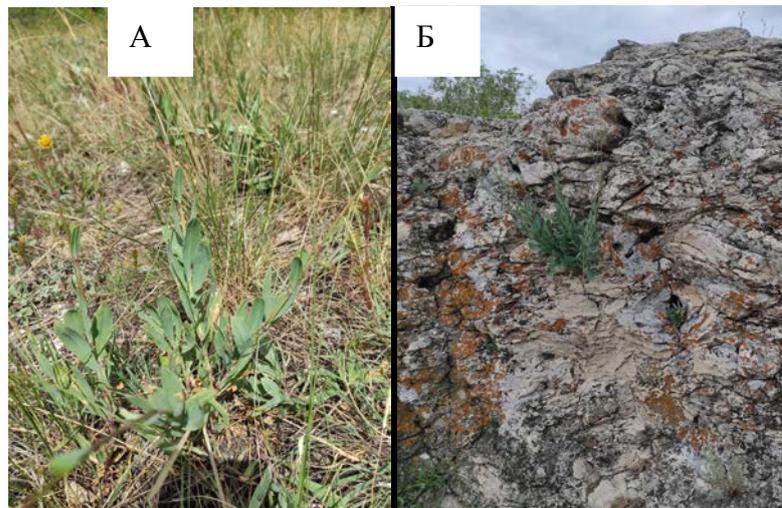


Рис. 1. *G. juzepczukii* растущий в каменистой степи и на скальной поверхности

Fig. 1. *G. juzepczukii* growing in rocky steppe and on rocky surfaces

Установлено, что у растений, произраставших в разных популяциях, морфологические параметры, существенно различались. Так длина и ширина листа растений в популяции П-2 были больше в 1.3 и 1.6 раз, чем у растений П-1 (рис. 2А). При этом у растений с большими размерами листа суммарное содержание фотосинтетических пигментов также было выше, чем у растений П-1 и составляло 1.3 мг/г сырой массы (рис. 2Б). Вероятно, увеличение листа у растений П-2 связано с необходимостью обеспечения более эффективного поглощения CO_2 и протекания фотосинтетических реакций.

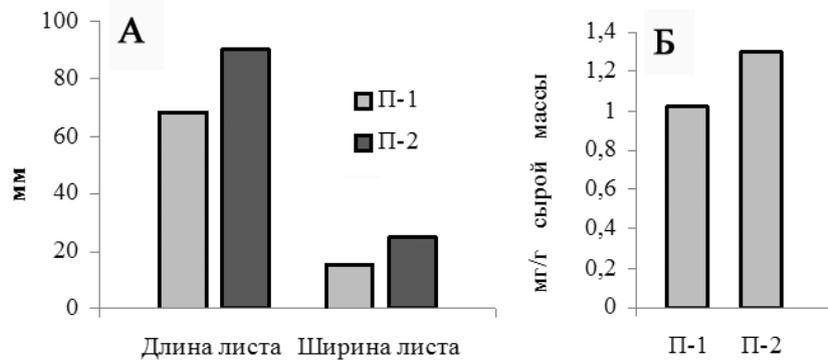


Рис. 2. Длина и ширина листа растений и суммарное содержание фотосинтетических пигментов *G. juzepczukii* с двух популяций

Fig. 2. Length and width of plant leaves and total content of photosynthetic pigments of *G. juzepczukii* from two populations

Уровень окислительного стресса в листьях растений произраставших в двух популяциях и определяемого по содержанию МДА, был практически равным: число продуктов ПОЛ составляло 0.012 и 0.017 мкМ/г сырой массы, соответственно (рис. 3А). В то же время растения различались по содержанию флавоноидов. Так растения популяции П-2 содержали на 16% больше флавоноидов, чем листья растений П-1. Накопление флавоноидов связывают с дефицитом влаги (Patil et al., 2024). Можно предполагать, что растения, произраставшие в расщелине скальной поверхности, содержали больший уровень флавоноидов из-за недостатка увлажнения.

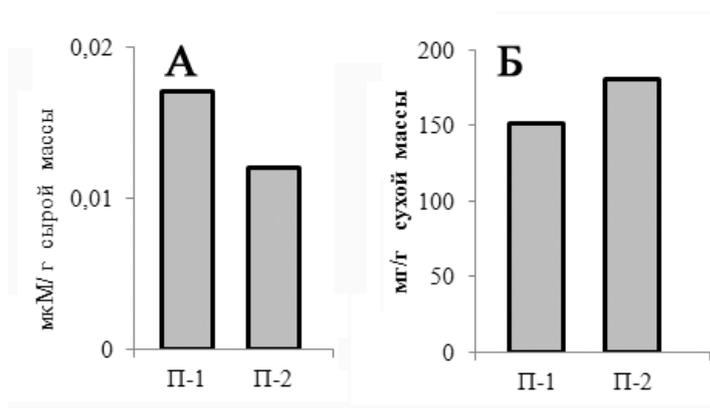


Рис. 3. Содержание МДА и флавоноидов в листьях популяций *G. juzepczukii*

Fig. 3. Content of MDA and flavonoid in leaves of *G. juzepczukii* populations

Полученные результаты показывают, что *G. juzepczukii*, способен осваивать различные каменистые поверхности. При этом у растений существенно меняются линейные размеры листа, содержание хлорофиллов, ответственных за протекание фотосинтетических реакций, уровень антиоксидантов, способствующих снижению окислительного стресса.

Таким образом, в данном исследовании на примере двух популяций *G. juzepczukii* были показаны вариации морфологических и физиологических характеристик в зависимости от места произрастания растений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по теме государственного задания Института экологии Волжского бассейна РАН «Комплексная оценка состояния биологических ресурсов и мониторинг природных экосистем Волжского бассейна» (FMRW-2025-0047), № 1024032600230-5-1.6.19.

Авторы благодарят В.М. Васюкова и В.В. Бондареву за совместные экспедиционные исследования и рекомендации по таксономическим вопросам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[Adamtsevich et al.] Адамцевич Н.Ю., Болтовский В.С., Титок В.В. 2020. Влияние параметров экстракции на выход флавоноидов из листьев воробейника лекарственного (*Lithospermum officinale* L.). — Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологические науки. 65(4): 402–411.

Bogdanova E., Ivanova L., Yudina P., Semenova G., Nesterov V., Rozentsvet O. 2022a. Seasonal dynamics of functional parameters of wintergreen steppe relict *Globularia punctata* Lapeyr. — *Flora*. 289: 152037. DOI: 10.1016/j.flora.2022.152037

Bogdanova E., Sablina N., Vasjukov V., Rozentsvet O. 2025b. Functional characteristics of leaves of the calcicole *Gypsophila volgensis* change along a geographic gradient. — *Flora*. 330: 152787. DOI: 10.1016/j.flora.2025.15278

[Boronina, Korolev] Боронина Д.П., Королёв В.А. 2018. Систематика континентальных литофитов – Геология в развивающемся мире. Т. 3. С. 309–312.

[Golub et al.] Голуб В.Б., Гречушкина Н.А., Сорокин А.Н., Николайчук Л.Ф. 2009. Растительные сообщества на каменистых обнажениях северо-западной части Черноморского побережья Кавказа. — *Растительность России*. 14: 3–14.

[Golubev, Golubeva] Голубев В.Н., Голубева И.В. 1992. Среднегорный подвижный петрофитон на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор. – *Бюл. Никит. бот. сада*. 74: 9–16.

[Grechushkina] Гречушкина Н.А. 2011. Петрофитная растительность и её классификация. — Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 20(1): 14–31.

Janků M., Luhová L., Petřivalský M. 2019. On the origin and fate of reactive oxygen species in plant cell compartments. — *Antioxidants*. 8(4):105. DOI: 10.3390/antiox8040105

Patil J.R., Mhatre K.J., Yadav K., Yadav L.S., Srivastava S., Nikalje G.C. 2024. Flavonoids in plant- environment interactions and stress responses. — *Discover Plants*. 1: 68. DOI: 10.1007/s44372-024-00063-6

[Kovaleva] Ковалёва О.А. 2013. Эколого-эдафический анализ флоры петрофитов Российского Кавказа. — *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*. 3(36): 123–127.

Leigh A., Sevanto S., Close J. D., Nicotra A. B. 2016. The influence of leaf size and shape on leaf thermal dynamics: does theory hold up under natural conditions? — *Plant, Cell & Environment*. 40(2): 237–248. DOI: 10.1111/pce.12857.

Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 148:350–382.

Nurmatov S.Q. 2024. Studying the ecology of mountain plants. — *Web of Teachers: Inderscience Research*. 2(5): 147–148.

Sherin G., Aswathi K.P.R., Puthur J.T. 2022. Photosynthetic functions in plants subjected to stresses are positively influenced by priming. — *Plant stress*. 4: 100079. DOI: 10.1016/j.stress.2022.100079

Schrader J., Shi P., Royer D.L., Peppe D.J., Gallagher R., Li Y., Wang R., Wrigh I.J. 2021. Leaf size estimation based on leaf length, width and shape. — *Annals of Botany*. 20: 1–12. DOI: 10.1093/aob/mcab078

COMPARATIVE STUDY OF MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PETROPHYTIC PLANT *GYPSOPHILA JUZEPCZUKII* IKONN. (CARYOPHYLLACEAE)

© 2025 V.N. Nesterov*, D.M. Ulyanova, E.S. Bogdanova, V.A. Rozentsvet

Samara Federal Research Scientific Center of RAS,
Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS
10, Komzin Str., Togliatti, Samara region, 445003, Russia
*e-mail: nesvik1@mail.ru

Abstract. A comparative study of the morphological and physiological characteristics of the petrophytic plant *Gypsophila juzepczukii* Ikonn. (family Caryophyllaceae) growing in different populations on the territory of the Zhiguli Nature Reserve in the Samara Region is presented. It was revealed that *G. juzepczukii* is well adapted to existence both on a rocky substrate (P-1) and on vertical rocky surfaces (P-2). At the same time, P-2 plants were noted to have a greater length and width of the leaf, the content of photosynthetic pigments, and antioxidants. Thus, in this study, variations in morphological and physiological characteristics depending on the place of plant growth were shown using two populations of *G. juzepczukii* as an example.

Key words: petrophytes, adaptation, morphological and physiological features, *Gypsophila juzepczukii*

Submitted: 03.07.2025. **Accepted for publication:** 30.08.2025.

For citation: Nesterov V.N., Ulyanova D.M., Bogdanova E.S., Rozentsvet V.A. 2025. Comparative study of morphological and physiological characteristics of the petrophytic plant *Gypsophila juzepczukii* Ikonn. (Caryophyllaceae). — Phytodiversity of Eastern Europe. 19(3): 268–273. DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-3-268-273

ACKNOWLEDGMENTS

The work was performed on the topic of the state assignment of the Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS "Comprehensive assessment of the state of biological resources and monitoring of natural ecosystems of the Volga basin" (FMRW-2025-0047); registration number 1024032600230-5-1.6.19.

The authors thank V.M. Vasjukov and V.V. Bondareva for joint expeditionary research and recommendations on taxonomic issues.

REFERENCES

Adamtsevich N.Yu., Boltovsky V.S., Titok V.V. 2020. Effect of extraction parameters on the yield of flavonoids from the leaves of common sage (*Lithospermum officinale* L.). — Bulletin of the National Academy of Sciences of Belarus. Series: Biological Sciences. Vol. 65(4): 402–411. (in Russ.).

Bogdanova E., Ivanova L., Yudina P., Semenova G., Nesterov V., Rozentsvet O. 2022a. Seasonal dynamics of functional parameters of wintergreen steppe relict *Globularia punctata* Lapeyr. — Flora. 289: 152037. DOI: 10.1016/j.flora.2022.152037

Bogdanova E., Sablina N., Vasjukov V., Rozentsvet O. 2025b. Functional characteristics of leaves of the calcicole *Gypsophila volgensis* change along a geographic gradient. — Flora. 330: 152787. DOI: 10.1016/j.flora.2025.15278

Boronina D.P., Korolev V.A. 2018. Taxonomy of Continental Lithophytes. — Geology in the Developing World. 3: 309–312.

Golub V.B., Grechushkina N.A., Sorokin A.N., Nikolaychuk L.F. 2009. Plant communities on rocky outcrops of the northwestern part of the Black Sea coast of the Caucasus. — Vegetation of Russia. 14: 3–14. (in Russ.).

Golubev V.N., Golubeva I.V. 1992. Mid-mountain mobile petrophyton on the southern macroslope

of the Main Ridge of the Crimean Mountains. — *Bulletin of the Nikitsky Botanical Garden*. 74: 9–16. (in Russ.).

Grechushkina N.A. 2011. Petrophytic vegetation and its classification. — *Samara Luka: problems of regional and global ecology*. 20(1): 14–31. (in Russ.).

Janků M., Luhová L., Petřivalský M. 2019. On the origin and fate of reactive oxygen species in plant cell compartments. — *Antioxidants*. 8(4):105. DOI: 10.3390/antiox8040105

Patil J.R., Mhatre K.J., Yadav K., Yadav L.S., Srivastava S., Nikalje G.C. 2024. Flavonoids in plant- environment interactions and stress responses. — *Discover Plants*. 1:68. DOI: 10.1007/s44372-024-00063-6

Kovaleva O.A. 2013. Ecological and edaphic analysis of the petrophyte flora of the Russian Caucasus. — *Bulletin of the North Caucasian Federal University*. 3(36): 123–127. (in Russ.).

Leigh A., Sevanto S., Close J. D., Nicotra A. B. 2016. The influence of leaf size and shape on leaf thermal dynamics: does theory hold up under natural conditions? — *Plant, Cell & Environment*. 40(2): 237–248. DOI: 10.1111/pce.12857.

Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*. 148: 350–382.

Nurmatov S.Q. 2024. Studying the ecology of mountain plants. — *Web of Teachers: Inderscience Research*. 2(5): 147–148.

Sherin G., Aswathi K.P.R., Puthur J.T. 2022. Photosynthetic functions in plants subjected to stresses are positively influenced by priming. — *Plant stress*. 4: 100079. DOI: 10.1016/j.stress.2022.100079

Schrader J., Shi P., Royer D.L., Peppe D.J., Gallagher R., Li Y., Wang R., Wrigth I.J. 2021. Leaf size estimation based on leaf length, width and shape. — *Annals of Botany*. 20: 1–12. DOI: 10.1093/aob/mcab078