ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ *HYPOGYMNINGIA PHYSODES* (L.) NYL., ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА БЕРЁЗЕ ПОВИСЛОЙ С РАЗНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ НА СТВОЛЕ И В РЕЛЬЕФЕ

© 2024

Суетина Ю.Г.

Марийский государственный университет (г. Йошкар-Ола, Российская Федерация)

Аннотация. В статье рассматривается изменчивость количественных морфологических признаков эпифитного лишайника *H. physodes*. Исследования проведены на территории Республики Марий Эл в березняке разнотравном в основании и в середине склона, перепад высот между местообитаниями составляет 6 метров. В каждом местообитании талломы лишайника *H. physodes* v₁-g_{3v} онтогенетических состояний были собраны с деревьев березы повислой с двух высот: 0–0,5 м и 0,5–2,0 м. Изучено 6 морфометрических признаков. Сравнение признаков проведено с помощью трехфакторного (местообитание, высота на стволе, онтогенетическое состояние) дисперсионного анализа. Все морфометрические признаки различаются в онтогенезе. Разное положение деревьев в рельефе влияет только на диаметр слоевища *H. physodes*, наибольшие размеры характерны для более влажного и менее освещенного основания склона. Наименее изменчивый признак – число лопастей слоевища. Диаметр слоевища, число и диаметр губовидных соралей, диаметр шлемовидных соралей больше на высоте 0–0,5 м. Многие морфометрические признаки слоевища *H. physodes* реагируют на микроклиматические изменения в рельефе и на стволе дерева в определенных онтогенетических состояниях.

Ключевые слова: *Hypogymnia physodes*; эпифитный лишайник; листоватый лишайник; *Betula pendula*; березняк; высота на стволе; положение в рельефе; онтогенетические состояния; морфометрические признаки; изменчивость; приспособленность; экологические условия; Республика Марий Эл.

VARIABILITY OF MORPHOMETRIC TRAITS OF *HYPOGYMNINGIA PHYSODES* (L.) NYL. GROWING ON *BETULA PENDULA* WITH DIFFERENT POSITIONS ON THE TRUNK AND IN THE RELIEF

© 2024

Suetina Yu.G.

Mari State University (Yoshkar-Ola, Russian Federation)

Abstract. The article examines the variability of quantitative morphological traits of the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes*. The study was conducted in the Republic of Mari El in a mixed-herb birch forest located at the base and middle of a slope, with a 6-meter elevation difference between habitats. In each habitat, *H. physodes* thalli at ontogenetic states v₁-g_{3v} were collected from silver birch (*Betula pendula*) trees at two heights: 0–0,5 m and 0,5–2,0 m. Six morphometric traits were studied. A three-factor ANOVA (habitat, height on the trunk, ontogenetic state) was used to compare the traits. All morphometric traits differed across ontogenetic states. The varying positions of trees along the slope influenced only the thallus diameter of *H. physodes*, with the largest sizes observed at the wetter and less illuminated base of the slope. The least variable trait was the number of thallus lobes. Thallus diameter, the number and diameter of lip-shaped soralia, and the diameter of helmet-shaped soralia were greater at a height of 0–0,5 m. Several morphometric traits respond to microclimatic changes in the slope and tree trunk across specific ontogenetic states.

Keywords: *Hypogymnia physodes*; epiphytic lichen; foliose lichen; *Betula pendula*; birch forest; height of habitat on tree trunk; position in relief; ontogenetic states; morphometric traits; variability; fitness; ecological conditions; Mari El Republic.

Введение

В настоящее время в связи с изменениями климата растет интерес к функциональной экологии пойкилогидрических несосудистых фотоавтотрофов, включая «криптогамные» лишайники [1]. В природе многие лишайники переносят экстремальные условия окружающей среды и обладают широким спектром адаптаций к различным условиям [2; 3]. Поскольку лишайники пойкилогидричны, их метаболическая активность определяется влажностью окружающей среды. Режим гидратации, то есть пространственная и временная доступность дождя, влажного воздуха, тумана, росы и/или снега, играет фундаментальную роль. Однако морфологические и анатомические признаки также влияют на гидратационный статус [4; 5].

Морфологические исследования, описывающие возможности индивидуального развития, дают представления о потенциале генофонда. Они имеют важное значение для интерпретации взаимодействий между индивидуальными генотипами и окружающей средой. Изменчивость морфологических признаков и онтогенез происходят внутри дифференцированной экосистемы, требующей индивидуальной адаптации [6]. Морфологические признаки, являясь фенотипическими атрибутами, могут объяснить экологическую реакцию вида на один или несколько биотических или абиотических, пространственных или временных градиентов, составляющих окружающую среду [7]. Фенотипическая изменчивость является успешной стратегией лишайников для колонизации различных место-

обитаний [8]. Морфология таллома лишайников оптимизирована для поглощения и/или потери воды в определенной среде обитания [9]. Эпифитные лишайники играют ключевую гидрологическую роль в экосистемах, перехватывая и удерживая воду [10]. Поглощение и потеря воды зависят от морфологических свойств лишайников, которые позволяют им поглощать и удерживать воду, а также от скорости испарения, зависящей от влажности воздуха [11].

Для эпифитных лишайников большое значение имеет положение на стволе дерева, поскольку известно, что влажность воздуха и освещенность изменяются с высотой над поверхностью почвы. Нами было показано, что относительная влажность воздуха максимальна на высоте 0–0,5 м по сравнению с расположенными выше участками ствола. На этой же высоте ствола отмечены минимальные значения освещенности [12]. Более глубокие знания о том, какие морфологические признаки лишайников реагируют на микроклиматические изменения, могут улучшить наше понимание внутривидовых адаптаций. Целью работы является изучение изменчивости морфометрических признаков гипогимнии вздутой (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) на берёзе повислой с разным положением на стволе и в рельефе.

Объект исследований

Гипогимния вздутая (*H. physodes*) – эпифитный листоватый лишайник, обычный лесной и горнолесной вид, который встречается преимущественно на стволах и ветвях хвойных, березы и других лиственных деревьев, а также на других субстратах [13]. В лесных сообществах Республики Марий Эл является одним из доминирующих эпифитных лишайников на сосне обыкновенной, березах повислой и пушистой [14]. Этот лишайник часто используется в качестве биоиндикатора оценки состояния загрязнения воздуха из-за чувствительности к загрязняющим веществам и способности хранить загрязнители в талломе [15; 16]. Также он вызывает интерес как источник биологически активных соединений, включая лишайниковые кислоты [17; 18]. В настоящее время изучен онтогенез *H. physodes* и онтогенетическая изменчивость морфологических признаков [19–21], структура популяции на разных форофитах [22].

Материал и методы исследований

Исследования проводили в березняке разнотравном (координаты 56°20' с.ш., 48°45' в.д.), который расположен на склоне холма, в окрестностях д. Коркарово Моркинского района Республики Марий Эл. Березняк был разделен нами на два местообитания: деревья березы повислой в местообитании 1 находятся в основании склона, местообитание 2 – деревья расположены в середине склона, перепад высот между местообитаниями составляет 6 метров. Склон освещен во второй половине дня. В каждом местообитании слоевища лишайника *H. physodes* v₁-g_{3v} онтогенетических состояний были собраны с трех деревьев березы повислой с двух высот: 0–0,5 м и 0,5–2,0 м. Онтогенетические состояния лишайника *H. physodes* определяли по ранее описанному онтогенезу [19].

Для изучения изменчивости морфометрических признаков в каждом онтогенетическом состоянии было изучено по 20 слоевищ. У особей v₁-g_{3v} онтогенетических состояний изучены признаки вегетативных структур: диаметр слоевища (см) и число лопастей (шт.); у особей g_{1v}-g_{3v} онтогенетических состояний –

признаки репродуктивных структур: число губовидных и шлемовидных сорелей (шт.), диаметр губовидных и шлемовидных сорелей (мм). Губовидные сорели начинают появляться у g_{1v} особей, шлемовидные сорели – у g_{2v} особей. Измерение диаметра слоевища проводили с помощью линейки. Подсчет числа лопастей и числа сорелей, измерение диаметра губовидных и шлемовидных сорелей проводили с помощью бинокулярного микроскопа (МБС-10). Всего проанализировано 240 слоевищ. При сравнении морфометрических признаков *H. physodes* использовали преобразование $\ln(x)$, применяли трехфакторный (факторы: местообитание, высота на стволе, онтогенетическое состояние) дисперсионный анализ. В работе использовали программу «Statistica».

Результаты и их обсуждение

Средние значения изученных морфометрических признаков вегетативных структур в двух местообитаниях представлены в таблицах 1 и 2, репродуктивных структур – в таблицах 3 и 4. В таблице 5 представлены результаты трехфакторного дисперсионного анализа шести изученных морфометрических признаков.

Изменчивость морфометрических признаков *H. physodes* в онтогенезе была предметом специального исследования [19]. Результаты по онтогенетической изменчивости признаков, обсуждаемые в данной статье, согласуются с полученными ранее результатами. Для большинства морфометрических признаков характерно возрастание средних значений и медиан признаков в онтогенезе до g_{3v} состояния (диаметр слоевища, число лопастей, число шлемовидных сорелей, диаметр губовидных и шлемовидных сорелей), в g_{2v} состоянии отмечен максимум числа губовидных сорелей [19; 21]. Уменьшение числа губовидных сорелей в g_{3v} состоянии связано с морфогенезом сорелей, которые частично из губовидных становятся шлемовидными. Диаметр губовидных сорелей на берёзе повислой в настоящем исследовании является максимальным в g_{2v} онтогенетическом состоянии, что отмечалось для *H. physodes*, произрастающей на разных форофитах в разных условиях среды [20]. Максимальные средние значения диаметра губовидных сорелей могут быть в g_{2v} и в g_{3v} состояниях или в g_{3v} состоянии на сосне обыкновенной в разных местообитаниях [21], что говорит о пластичности механизма соредиеобразования.

Диаметр слоевища *H. physodes* различается в разных местообитаниях, на разных высотах ствола, в онтогенезе, статистически значимо взаимодействие факторов «местообитание – высота – онтогенетическое состояние» (табл. 5). Слоевища *H. physodes* имеют больший размер в основании склона (местообитание 1) по сравнению с серединой склона (местообитание 2), больше на высоте 0–0,5 м по сравнению с высотой 0,5–2 м. Большие размеры диаметра слоевища *H. physodes* на высоте 0–0,5 м в основании склона связаны с большей влажностью и меньшей освещенностью этого участка ствола.

Число лопастей различается в онтогенезе, значительно взаимодействует «местообитание – высота – онтогенетическое состояние» (табл. 5). В большинстве онтогенетических состояний нет различий по числу лопастей между местообитаниями и высотами стволов деревьев. В g_{2v} состоянии в основании склона на высоте 0–0,5 м образуется больше лопастей, чем на высоте 0,5–2 м.

Таблица 1 – Средние значения признаков вегетативных структур *H. physodes* в местообитании 1

Признак	Высота на стволе	Онтогенетическое состояние				
		v ₁	v ₂	g ₁ v	g ₂ v	g ₃ v
Диаметр слоевища	0–0,5 м	0,36 ± 0,02	0,74 ± 0,11	1,80 ± 0,17	2,87 ± 0,17	3,28 ± 0,19
	0,5–2,0 м	0,22 ± 0,03	0,85 ± 0,09	1,67 ± 0,06	2,04 ± 0,15	3,26 ± 0,19
Число лопа- стей	0–0,5 м	2,70 ± 0,13	7,45 ± 0,76	29,90 ± 4,07	53,40 ± 4,28	58,35 ± 5,92
	0,5–2,0 м	2,45 ± 0,20	10,0 ± 0,79	31,0 ± 1,90	38,20 ± 3,97	52,35 ± 4,66

Таблица 2 – Средние значения признаков вегетативных структур *H. physodes* в местообитании 2

Признак	Высота на стволе	Онтогенетическое состояние				
		v ₁	v ₂	g ₁ v	g ₂ v	g ₃ v
Диаметр слоевища	0–0,5 м	0,18 ± 0,02	0,62 ± 0,07	1,61 ± 0,15	2,27 ± 0,17	2,93 ± 0,18
	0,5–2,0 м	0,21 ± 0,01	0,50 ± 0,03	1,46 ± 0,11	2,09 ± 0,14	2,88 ± 0,21
Число лопа- стей	0–0,5 м	2,70 ± 0,16	8,65 ± 0,89	34,50 ± 3,57	51,20 ± 3,87	59,45 ± 4,80
	0,5–2,0 м	3,0 ± 0,13	6,70 ± 0,39	28,95 ± 2,84	45,70 ± 3,46	55,70 ± 4,97

Таблица 3 – Средние значения признаков репродуктивных структур *H. physodes* в местообитании 1

Признак	Высота на стволе	Онтогенетическое состояние		
		g ₁ v	g ₂ v	g ₃ v
Число губовидных соралей	0–0,5 м	10,59 ± 2,60	13,40 ± 1,82	7,90 ± 0,95
	0,5–2,0 м	5,0 ± 0,47	8,35 ± 1,25	7,55 ± 0,88
Диаметр губовидных соралей	0–0,5 м	1,21 ± 0,11	2,04 ± 0,13	1,58 ± 0,07
	0,5–2,0 м	1,29 ± 0,06	1,45 ± 0,10	1,19 ± 0,08
Число шлемовидных соралей	0–0,5 м	–	7,20 ± 0,88	16,5 ± 1,85
	0,5–2,0 м	–	4,25 ± 0,74	23,70 ± 2,58
Диаметр шлемовидных соралей	0–0,5 м	–	1,43 ± 0,10	2,16 ± 0,16
	0,5–2,0 м	–	0,81 ± 0,07	1,67 ± 0,16

Таблица 4 – Средние значения признаков репродуктивных структур *H. physodes* в местообитании 2

Признак	Высота на стволе	Онтогенетическое состояние		
		g ₁ v	g ₂ v	g ₃ v
Число губовидных соралей	0–0,5 м	5,85 ± 1,06	11,05 ± 1,48	10,10 ± 1,34
	0,5–2,0 м	4,75 ± 0,80	10,30 ± 1,49	8,80 ± 1,39
Диаметр губовидных соралей	0–0,5 м	1,12 ± 0,12	1,64 ± 0,11	1,85 ± 0,10
	0,5–2,0 м	0,90 ± 0,08	1,45 ± 0,07	1,51 ± 0,11
Число шлемовидных соралей	0–0,5 м	–	4,90 ± 0,39	22,85 ± 2,27
	0,5–2,0 м	–	4,30 ± 0,52	19,90 ± 2,65
Диаметр шлемовидных соралей	0–0,5 м	–	1,61 ± 0,19	1,47 ± 0,18
	0,5–2,0 м	–	0,98 ± 0,06	1,55 ± 0,17

Таблица 5 – Результаты трехфакторного дисперсионного анализа признаков *H. physodes* (приведены значения P)

Признак	Факторы		Онтогенетическое состояние	Местообитание – высота	Местообитание – онтогенетическое состояние	Высота – онтогенетическое состояние	Местообитание – высота – онтогенетическое состояние
	Местообитание	Высота					
Диаметр слоевища	***	*	***	–	–	–	***
Число лопастей	–	–	***	–	–	–	**
Число губовидных соралей	–	**	***	–	*	–	–
Диаметр губовидных соралей	–	***	***	–	***	–	–
Число шлемовидных соралей	–	–	***	–	–	**	**
Диаметр шлемовидных соралей	–	**	***	*	**	*	–

Примечание. * P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001; – P > 0,05.

Число губовидных соралей статистически значительно различается на разных высотах ствола и в онтогенезе, значимо взаимодействие «местообитание – онтогенетическое состояние» (табл. 5). Больше число губовидных соралей отмечено на высоте 0–0,5 м. В g_{1v} состоянии прослеживается уменьшение числа губовидных соралей в середине склона.

Диаметр губовидных соралей статистически значительно различается на разных высотах ствола, в онтогенезе и при взаимодействии факторов «местообитание – онтогенетическое состояние» (табл. 5). Губовидные сорали большего диаметра образуются на слоевищах *H. physodes*, растущих на высоте 0–0,5 м, меньшего диаметра – на высоте 0,5–2 м. При рассмотрении взаимодействия «местообитание – онтогенетическое состояние» можно отметить ту же закономерность, выявленную для числа губовидных соралей: в основании склона g_{1v} особи имеют больший диаметр губовидных соралей по сравнению с серединой склона.

Число шлемовидных соралей статистически значительно различается в онтогенезе, значимы взаимодействия факторов «высота – онтогенетическое состояние», «местообитание – высота – онтогенетическое состояние» (табл. 5). Большим числом шлемовидных соралей характеризуется g_{2v} состояние на высоте ствола 0–0,5 м. Анализ тройного взаимодействия факторов местообитание – высота – онтогенетическое состояние позволяет выяснить, что большее число шлемовидных соралей в g_{2v} состоянии на высоте 0–0,5 м образуется только в основании склона.

На изменение диаметра шлемовидных соралей оказывает влияние высота произрастания *H. physodes* на стволе, онтогенетическое состояние, взаимодействие факторов «местообитание – высота», «местообитание – онтогенетическое состояние», «высота – онтогенетическое состояние» (табл. 5). Шлемовидные сорали имеют больший диаметр на высоте 0–0,5 м по сравнению с высотой 0,5–2 м. Взаимодействие «местообитание – высота» проявляется в том, что диаметр шлемовидных соралей на высоте 0–0,5 м больше в основании склона. Большим диаметром шлемовидных соралей характеризуются g_{3v} особи в основании склона, g_{2v} особи – на высоте 0–0,5 м.

Заключение

Все морфометрические признаки *H. physodes*, произрастающей на берёзе с разным положением деревьев в рельефе, различаются в онтогенезе. Для большинства признаков характерно возрастание средних значений признаков до g_{3v} состояния (диаметр слоевища, число лопастей, число шлемовидных соралей, диаметр губовидных и шлемовидных соралей). Число губовидных соралей максимально в g_{2v} состоянии. Эти закономерности были выявлены ранее для *H. physodes*, произрастающей на разных форофитах и в разных условиях среды.

Положение деревьев в рельефе влияет на диаметр слоевища *H. physodes*. В более влажном и менее освещённом основании склона диаметр слоевищ больше, чем в середине склона. При этом диаметр слоевища имеет большие размеры на высоте 0–0,5 м по сравнению с высотой 0,5–2 м, различия проявляются в основании склона только у g_{3v} особей.

Число лопастей является наименее изменчивым признаком. Выявлено, что только в g_{2v} состоянии слое-

вища *H. physodes* реагируют на перепады высот как в рельефе, так и на стволе дерева: больше лопастей образуется в основании склона на высоте 0–0,5 м.

Большие значения числа и диаметра губовидных соралей, диаметра шлемовидных соралей выявлены на высоте 0–0,5 м. Значительная влажность, сохраняющаяся как в комлевой части ствола дерева, так и в приземных слоях воздуха, способствует процессам соредиеобразования. При этом большее число губовидных соралей и больший их диаметр отмечены на высоте 0–0,5 м в g_{1v} состоянии. Шлемовидные сорали большего диаметра формируются на этой высоте в основании склона. Взаимодействия факторов «местообитание – онтогенетическое состояние» и «высота – онтогенетическое состояние» выявляют разную реакцию g_{2v} и g_{3v} особей. В основании склона большим диаметром шлемовидных соралей характеризуются g_{3v} особи в основании склона, а g_{2v} особи – на высоте 0–0,5 м.

Число шлемовидных соралей в отличие от губовидных соралей не различается на разных высотах ствола. Большим числом шлемовидных соралей на высоте 0–0,5 м характеризуется g_{2v} состояние. Большее число шлемовидных соралей в g_{2v} состоянии на этой высоте образуется только в основании склона.

Таким образом, *H. physodes* чутко реагирует на изменение влажности и освещённости местообитаний, демонстрируя приспособленность к изменению среды обитания, которая по-разному проявляется в изменчивости морфометрических признаков слоевища на разных стадиях индивидуального развития.

Список литературы:

1. Porada P., Bader M.Y., Berdugo M.B., Colesie C., Ellis C.J., Giordani P., Herzsuh U., Ma Y., Launiainen S., Nascimbene J., Petersen I., Raggio Quílez J., Rodríguez-Caballero E., Rousk K., Sancho L.G., Scheidegger C., Seitz S., Van Stan J.T., Veste M., Weber B., Weston D.J. A research agenda for nonvascular photoautotrophs under climate change // *New Phytologist*. 2023. Vol. 237, iss. 5. P. 1495–1504. DOI: 10.1111/nph.18631.
2. Honegger R. Water relations in lichens // *Fungi in the Environment* / ed. by G. Gadd, S.C. Watkinson, P.S. Dyer. Cambridge University Press, 2007. P. 185–200. DOI: 10.1017/cbo9780511541797.010.
3. Meeßen J., Sanchez F.J., Brandt A., Balzer E.-M., de la Torre R., Sancho L.G., de Vera J.-P., Ott S. Extremotolerance and resistance of lichens: comparative studies on five species used in astrobiological research I. Morphological and anatomical characteristics // *Origins of Life and Evolution of Biospheres*. 2013. Vol. 43. P. 283–303. DOI: 10.1007/s11084-013-9337-2.
4. Gauslaa Y. Rain, dew, and humid air as drivers of morphology, function and spatial distribution in epiphytic lichens // *The Lichenologist*. 2014 Vol. 46, iss. 1. DOI: 10.1017/s0024282913000753.
5. Eriksson A., Gauslaa Y., Palmqvist K., Ekstrom M., Esseen P.A. Morphology drives water storage traits in the globally widespread lichen genus *Usnea* // *Fungal Ecology*. 2018. Vol. 35. P. 51–61. DOI: 10.1016/j.funeco.2018.06.007.
6. Jahns H.M. The establishment, individuality and growth of lichen thalli // *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1988. Vol. 96, iss. 1. P. 21–29. DOI: 10.1111/j.1095-8339.1988.tb00624.x.
7. Ellis C.J., Asplund J., Benesperi R., Branquinho C., Di Nuzzo L., Hurtado P., Martinez I., Matos P., Nascimbene J., Pinho P., Prieto M., Rocha B., Rodríguez-Arribas C., Thus H.,

- Giordani P. Functional traits in lichen ecology: a review of challenge and opportunity // *Microorganisms*. 2021. Vol. 9, iss. 4. DOI: 10.3390/microorganisms9040766.
8. Perez-Ortega S., Fernandez-Mendoza F., Raggio J., Vivas M., Ascaso C., Sancho L.G., Printzen C., de Los Rios A. Extreme phenotypic variation in *Cetraria aculeata* (lichenized Ascomycota): adaptation or incidental modification? // *Annals of Botany*. 2012. Vol. 109, iss. 6. P. 1133–1148. DOI: 10.1093/aob/mcs042.
9. Budel B., Scheidegger C. Thallus morphology and anatomy // *Lichen Biology* / ed. by T.H. Nash III. Cambridge University Press, 2008. P. 40–68. DOI: 10.1017/cbo9780511790478.005.
10. Ure J.D., Stanton D.E. Co-dominant anatomically disparate lichens converge in hydrological functional traits // *The Bryologist*. 2019. Vol. 122, № 3. P. 463–470. DOI: 10.1639/0007-2745-122.3.463.
11. Pardow A., Hartard B., Lakatos M. Morphological, photosynthetic and water relations traits underpin the contrasting success of two tropical lichen groups at the interior and edge of forest fragments // *AoB Plants*. 2010. Vol. 2010. DOI: 10.1093/aobpla/plq004.
12. Суетина Ю.Г., Антонова А.Н. Анализ освещенности и относительной влажности воздуха в сосняке кустарничково-сфагновом в условиях верхового болота // *Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: сб. мат-лов конф. по итогам НИР БХФ за 2010 год. Вып. 2. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. С. 144–147.*
13. Рассадина К.А. Сем. Parmeliaceae – пармелиевые // *Определитель лишайников СССР. Вып. 1. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые. Л.: Наука. Ленингр. отд., 1971. С. 282–386.*
14. Богданов Г.А., Суетина Ю.Г., Теплых А.А. Лишайники на сосне и березе подзоны хвойно-широколиственных лесов // *Современные аспекты экологии и экологического образования: мат-лы всерос. науч. конф. Казань, 2005. С. 85–86.*
15. Herzig R., Liebendörfer L., Urech M., Ammann K., Cuecheva M., Landolt W. Passive biomonitoring with lichens as a part of an integrated biological measuring system for monitoring air pollution in Switzerland // *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 1989. Vol. 35, iss. 1. P. 43–57. DOI: 10.1080/03067318908028377.
16. Пыстина Т.Н., Кузнецова Е.Г., Новаковский А.Б. Реакция лишайника *Hypogymnia physodes* на пылевое загрязнение в зоне влияния Средне-Тиманского бокситового рудника // *Сибирский экологический журнал*. 2023. Т. 30, № 3. С. 372–385. DOI: 10.15372/sej20230313.
17. Studzińska-Sroka E., Zarabska-Bożewicz D. *Hypogymnia physodes* – a lichen with interesting medicinal potential and ecological properties // *Journal of Herbal Medicine*. 2019. Vol. 17–18. DOI: 10.1016/j.hermed.2019.100287.
18. Baczewska I., Strzemiński M., Feldo M., Hanaka A., Dresler S. Green extraction of depsidones and depsides from *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. using natural deep eutectic solvents // *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, iss. 10. DOI: 10.3390/ijms25105500.
19. Суетина Ю.Г., Глотов Н.В. Изменчивость признаков в онтогенезе эпифитного лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. // *Онтогенез*. 2014. Т. 45, № 3. С. 201–206. DOI: 10.7868/s0475145014030070.
20. Суетина Ю.Г., Веткина М.А. Онтогенетическая изменчивость морфометрических признаков гипогимнии вздутой (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) на разных форофитах // *Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: мат-лы конф. по итогам научно-исследовательской работы БХФ за 2011 г. Вып. 3. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2012. С. 55–57.*
21. Сафиулина З.Т., Суетина Ю.Г. Изменчивость морфометрических признаков лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. на сосне обыкновенной в заповеднике «Большая Кокшага» // *Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: мат-лы республ. науч.-практ. конф. Вып. 4. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. С. 76–77.*
22. Суетина Ю.Г. Структура популяции лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. на разных форофитах // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016. Т. 18, № 2. С. 217–220.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Суетина Юлия Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии; Марийский государственный университет (г. Йошкар-Ола, Российская Федерация). E-mail: suetina@inbox.ru.	Suetina Yulia Gennadjevna, candidate of biological sciences, associate professor of Biology Department; Mari State University (Yoshkar-Ola, Russian Federation). E-mail: suetina@inbox.ru.

Для цитирования:

Суетина Ю.Г. Изменчивость морфометрических признаков *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., произрастающей на берёзе повислой с разным положением на стволе и в рельефе // *Самарский научный вестник*. 2024. Т. 13, № 4. С. 42–46. DOI: 10.55355/snv2024134106.