crobocenosis during decomposition of pesticides and their residual amounts accumulated from agricultural activities. On the other hand – the successful adaptation of fungi in the rhizosphere will create favorable conditions for the growth of seedlings. The study of changes in the number of fungi in three field experiments have shown that the ability to more successfully to adapt in the soil of the forest nursery fungi complexes of forest litter taken from birch and mixed stands.

Г. Н. Табаленкова, Т. К. Головко
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
г. Сыктывкар, Россия
e-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И АМИНОКИСЛОТЫ В ТАЛЛОМАХ ЛИШАЙНИКОВ ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ*

Лишайники являются неотъемлемым компонентом многих экосистем и растительных сообществ. Для таежной зоны Республики Коми известно 866 видов лишайников [5, 6]. Наиболее разнообразно представлены виды семейства Lecanoraceae (12,5 % от всего видового состава), крупными являются семейства Parmeliaceae (9,2 %) и Cladoniaceae (6,9 % видов). Бореальный характер лихенобиоты проявляется и в спектре ведущих по численности родов. Высокое положение в нем занимают для таежных лесов роды (*Cladonia*, *Lecanora*, *Caloplaca*, *Peltigera*, *Micarea*, *Lecidea*).

Лишайники – это устойчивая, саморегулирующаяся ассоциация гриба и водорослей, между которыми осуществляется постоянный обмен веществами [2]. Фотобионт (зеленая водоросль и/или цианобактерии) снабжает гриб органическим углеродом и азотом, микобионт обеспечивает водоросль водой и некоторыми минеральными элементами. Для лишайников в целом и для каждого из их компонентов в отдельности характерен особый тип метаболизма, во многом отличающийся от свободноживущих грибов и водорослей [4]. Поэтому важно расширить представления о разнообразии лишайников, дополнив сведениями об их биохимическом составе и особенностях обмена веществ.

В настоящей работе представлены данные о содержании биологически важных элементов и аминокислот в талломах 18 видов лишайников, в том числе представители рода *Peltigera* – 10 видов, *Cladonia* – 2 вида и *Cetraria* – 2 вида.

Образцы талломов отбирали в летний период в Сыктывдинском, Княжпогостском и Троицко-Печорском районах Республики Коми, высушивали и измельчали. Азот и углерод определяли с помощью элементного CHNS-O анализатора (EA-1110 Италия), микро- и макроэлементы – после минерализации проб с применением метода оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе «SPECTRO CIROS-CCD», белковые аминокислоты – на анализаторе (AAA T-339) после гидролиза навески в 6н HCl при 105 °C в течение 24 ч. Свободные аминокислоты определяли в лиофильно высушенном материале на анализаторе AAA-400 (Чехия) после извлечения их 70 % этанолом. Определения проводили по сертифицированным методикам в аккредитованной экоаналитической лаборатории Института биологии в двух аналитических и трех биологических повторностях.

Талломы лишайников характеризовались довольно стабильным содержанием углерода, концентрация C в сухой биомассе всех видов находилась в пределах 350–420 мг/г. Содержание макроэлементов Ca, Mg, K, P, N варьировало довольно значительно (коэффициент C_v составлял 50–80 %). Наибольшие различия между видами отмечены в накоплении кальция и магния. Максимальные концентрации Ca (8,6 мг/г сухой массы) были выявлены в талломах *Parmelia sulcata*, Mg (3,4 мг/г сухой массы) – у *Peltigera rufescens*.

В талломах всех видов лишайников были обнаружены Fe, Al, Mn, Na, Zn, B, Cu, Cd. Од-

© Табаленкова Г. Н., Головко Т. К., 2015

* Работа выолнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 12–04–00554)

нако содержание этих микроэлементов сильно варьировало даже у представителей одного рода. Например, талломы *Peltigera rufescens* накапливали Fe, Al, Cu и B в значительных количествах, 7000, 10200, 16 и 10 мг/кг сухой массы соответственно. В то же время содержание данных элементов в талломах *P. scabrosa* и *P. neopolydactyla* было существенно (в 10–100 раз) ниже. Известно, что лишайники поглощают воду и растворенные в ней минеральные соли всей поверхностью таллома. В литературе сведения о содержании минеральных элементов в лишайниках довольно противоречивы [1, 3, 7]. Большое значение придается способности лишайников извлекать и накапливать в слоевище различные химические элементы в зависимости от условий окружающей среды. С этим связано их широкое использование в целях биомониторинга [8]. Наши данные указывают на выраженную видоспецифичность лишайников в отношении накопления макро- и микроэлементов, что следует учитывать при их использовании в качестве индикаторов загрязнения среды.

Аминокислоты выполняют в живых организмах разнообразные функции. Их важность определяется ролью белков в процессах жизнедеятельности. Основная часть азотсодержащих соединений талломов лишайников представлена белками. Содержание белковых аминокислот в сыром протеине составляет 50–80 %. При анализе их состава обнаружено 17 аминокислот, из которых цистин и метионин присутствовали в следовых количествах. Лишайники отличались как по сумме аминокислот, так и по соотношению отдельных групп. Так, сумма белковых аминокислот в талломах лишайников рода *Peltigera* колебалась в пределах от 100 до 200 мг/г сухой массы. При этом, доля дикарбоновых аминокислот (аспарагиновой и глутаминовой) составляла у *P. malacea* 13 %, а у *P. scabrosa* 30 %. В меньшей степени варьировала доля моноаминокарбоновых (27–33 %) и алифатических кислот (15–20 % суммы белковых аминокислот). В целом талломы лишайников рода *Peltigera* в 2–3 раза превосходили по сумме белковых аминокислот талломы *Platismatia glauca* и *Stereocaulon condensatum.* Особенно низким содержанием белковых аминокислот отличались талломы *Cetraria islandica* и *C. nivalis* (10–20 мг/г сухой массы).

К основным исходным веществам, обеспечивающим синтез белков, относятся свободные аминокислоты. Результаты наших исследований показали, что содержание свободных аминокислот в талломах лишайников варьирует от 0,7 до 7 мг/г сухой массы. Наибольшее их количество было обнаружено у *Lobaria pulmonaria,* наименьшее – у *P. leucophlebia.* Среди представителей рода *Peltigera* наибольшем содержанием свободных аминокислот, 4,8 мг/г, характеризовались талломы *P. membranacea*. Всего в талломах было идентифицировано в зависимости от вида от 14 до 20 аминокислот и один амид. Большинство их составляет менее 2 % от суммы свободных аминокислот. В составе свободных аминокислот лишайников доминируют 3–4 соединения, содержание которых превышает 2 %. Причем состав доминирующих аминокислот различался в зависимости от вида лишайника. Так, у *Peltigera canina* и *P. membranacea, Parmelia sulcata*, *Platismatia glauca* и *Lobaria pulmonaria* свыше 80 % приходится на долю глутаминовой кислоты и глутамина, а в талломах *Peltigera malacea* и *P. leucophlebia, Cetraria islandica* преобладали аланин и аминоадипиновая кислоты.

В составе свободных аминокислот лишайников идентифицировано 5 непротеиногенных (β-аланин, орнитин, аминоадипиновая, α-аминомаслянная и γ- аминомасляная кислоты). Их доля в общем пуле свободных аминокислот составляет от 0,3 у *P. membranacea* до 40 % – у *P. malacea*. Присутствие у всех видов лишайников орнитина свидетельствует о функционировании в талломах орнитинового цикла, участвующего в синтезе протеиногенной аминокислоты аргинина.

Таким образом, нами впервые получены данные о фонде органического углерода, накоплении макро- и микроэлементов, содержании белковых и свободных аминокислот в талломах лишайников среднетаежной зоны европейского Северо-Востока. Показана существенная видовая изменчивость лишайников по исследуемым биохимическим параметрам. Результаты исследования дополняют и углубляют характеристику видового разнообразия лихенобиоты.

Авторы выражают признательность Н. А. Семеновой за помощь в определении видов лишайников. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 12–04–00554).

Список литературы

1. *Бязров Л. Г.* Лишайники в экологическом мониторинге. М., 2002. 336 с.

2. *Вайнштейн Е. А.* Регуляторные механизмы лишайникового симбиоза // Успехи современной биологии. 1990. Т. 109. Вып. 2. С. 311–320.

3. *Вершинина С. Э., Вершинин К. Е., Кравченко О. Ю., Чебыкин Е. П., Воднева Е. Н.* Элементный состав лишайников *P. cetraria* Ach. из различных регионов России // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 141–146.

4. *Войцехович А. А. Михайлюк Т. И., Дариенко Т. М.* Фотобионты лишайников. I: разнообразие, экологические особенности, взаимоотношения и пути совместной эволюции с микобионтом // Альгология. 2011. Т. 21. С. 3–26.

5. *Пыстина Т. Н.* Лишайники таежных лесов европейского Северо-Востока (подзоны южной и средней тайги). Екатеринбург, 2003. 236 с.

6. *Пыстина Т. Н., Херманссон Я.* Разнообразие лишайников Республики Коми: важнейшие итоги и перспективы дальнейших исследований // Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна. Тольятти, 2013. Т. 1. С. 205–207.

7. *Reimann C., Caritat R.,* Chemical elements in the environment. Berlin-Heidelberg, 1998. 398 p.

8. *Shaver G. R.* Production: biomass relationships and element cycling in contrasting arctic vegetation types // Ecol. Monogr. 1991. V. 61. P. 1–31.

G. N. Tabalenkova, T. K. Golovko

Institute of Biology Komi SC UB RAS, Syktyvkar
e-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

CHEMICAL ELEMENS AND AMINO ACIDS IN LICHENS OF MIDDLE BOREAL SUBZONE

Summary. Data on content of amino acids, organic carbon and mineral elements (Ca, Mg, K, P, N, Fe, Al, Mn, Na, Zn, B, Cu, Cd) in 18 species of lichens are presented. Considerable between-species variability of the examined parameters was shown.

В. Н. Тарасова, А. А. Фенько

Петрозаводский государственный университет
г. Петрозаводск, Россия
e-mail: vika18@sampo.ru

ЭКОЛОГИЯ ОХРАНЯЕМОГО ЛИШАЙНИКА БРИОРИЯ НАДВОРНИКА (*BRYORIA NADVORNIKIANA* (GYELN.) BRODO & D. HAWKSW.) В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ПЕТРОЗАВОДСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)*

Bryoria nadvornikiana (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw – эпифитный, кустистый лишайник семейства Parmeliaceae, внесен в Красные книги стран Западной Европы (Финляндия, Швеция), а также в Красные книги некоторых регионов Российской Федерации (Республика Карелия, Республика Татарстан, Ленинградская область, Мурманская область). Имеются данные о том, что вид чувствителен к загрязнению атмосферного воздуха и является индикатором старовозрастных лесов [1–3]. Вместе с тем работы по изучению экологии бриории Надворника с использованием строгих количественных данных в литературе отсутствуют. Петрозаводск

© Тарасова В. Н., Фенько А. А., 2015

* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.