

эфирных масел на психофизиологическое состояние человека // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 2010. – Вып. 100. – С. 114-118.

Статья поступила в редакцию 21.05.2018 г.

**Yarosh A.M., Tonkovtseva V.V., Batura I.A., Bekmambetov T.R., Melikov F.M., Koval E.S., Bezzubchak V.V., Borkuta M.A. Impact of the peppermint essential oil (*Mentha Piperita* L.) of menthol-menthone-mentylacetate hemotype (Prilutskaya cultivar) on psychophysiological state and performance indicators of the cardiovascular system of the elderly // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 130. – P. 18-26**

The study of the effect of peppermint essential oil of menthol-menthone-mentylacetate chemotype (Prilutskaya cultivar) in the concentration of 1 mg/m<sup>3</sup> in different periods of exposure (from 10 to 30 minutes) on the psycho-emotional state, mental performance and function of the cardiovascular system of old people in order to assess the possibility of using this essential oil for corrective activities, has been conducted. It has been established that this essential oil has a positive effect on the psycho-emotional state of the elderly, improves their simple thought processes, optimizes the function of the cardiovascular system. Improvements in all these parameters were observed already after 10 minutes of aroma session and last for the entire duration exposures up to 30 minutes.

**Key words:** *elderly people; essential oil; peppermint; menthol-menthone-mentylacetate chemotype; mental performance; psycho-emotional state; function of the cardiovascular system*

## ЭКОЛОГИЯ

УДК 582.29+631+615.272

DOI: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.03

### ФОНОВЫЕ УРОВНИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НЕКОТОРЫМИ ВИДАМИ ЛИШАЙНИКОВ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЮЖНОГО И ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

Надежда Александровна Голубкина<sup>1</sup>, Владимир Александрович Лапченко<sup>2</sup>,  
Елена Витальевна Лапченко<sup>2</sup>, Татьяна Сергеевна Науменко<sup>3</sup>,  
Екатерина Степановна Крайнюк<sup>3</sup>, Наталия Александровна Багрикова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства, Московская обл.143072  
Одинцовский район, пос. ВНИИССОК, Селекционная 14  
E-mail: segolubkina45@gmail.com

<sup>2</sup>ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН» 298188, Республика Крым, г. Феодосия, пос. Курортное, ул. Науки, 24

<sup>3</sup>Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН  
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52

Лишайники обладают широким спектром биологического действия и успешно используются как в медицине, так и в экологическом мониторинге. Целью работы была оценка особенностей аккумуляции 25 макро- и микроэлементов некоторыми видами лишайников на особо охраняемых природных территориях южного и юго-восточного побережья Крыма: Государственного природного заповедника «Карадагский» и природного заказника «Аю-Даг». Показано, что среди трех наиболее распространенных видов лишайников (*Cladonia rangiformis*, *C. convoluta*, *Evernia prunastri*) *Cladonia convoluta* содержит наибольшее количество минеральных веществ и проявляет максимально высокие аккумуляционные способности в отношении тяжелых металлов (алюминия, кадмия, хрома, никеля, свинца, стронция, ванадия) и мышьяка, макроэлементов (кальция и магния), а также микроэлементов (кобальта, меди, железа, лития, марганца, молибдена, цинка). Напротив, *Evernia prunastri*,

колонизирующая кору деревьев, накапливает максимальное количество йода и селена. Установлено, что уровень накопления элементов указанными видами лишайников не только видоспецифичен, но и зависит от биотопической приуроченности (открытая местность, полог леса) и абиотических факторов (влажность, температура). Представленные данные следует рассматривать как фоновые уровни аккумуляции элементов для исследуемых экологически чистых территорий.

**Ключевые слова:** лишайники; элементный состав; окружающая среда; особо охраняемые природные территории

### Введение

Лишайники являются одними из наиболее важных симбиотических организмов земного шара, активно участвующих в круговороте углерода и азота и в почвообразовании [11]. Основными компонентами лишайников являются грибы (Ascomycota или Basidiomycota) и водоросли и/или цианобактерии. Широкое распространение лишайников от арктической тундры до пустынь и тропических лесов, и огромное количество видов (в настоящее время известно более 20000 видов лишайников) [8], отражают их устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды, в частности, к высоким температурам, засухе, солнечной радиации. С другой стороны, отсутствие сосудистой системы и пассивная адсорбция воды и минеральных веществ из окружающей среды делает лишайники чувствительными индикаторами к химическому составу аэрозолей, загрязнению атмосферы и почвенного субстрата, в целом.

Показательно, что особенности питания лишайников преимущественно из атмосферы значительно снижают влияние уровней макро- и микроэлементов почвы, что крайне важно в оценке уровней загрязнения атмосферы как природного, так и антропогенного характера [1]. Это позволяет использовать лишайники в качестве индикаторов, чувствительных к качеству воздуха, и осуществлять по ним раннее диагностирование загрязнения воздуха в программах биомониторинга [9].

С другой стороны, эффективность использования того или другого вида лишайников в оценке состояния окружающей среды требует возможно более полной информации о специфических биохимических особенностях вида, фоновых уровнях накопления макро- и микроэлементов. Крымский полуостров является одним из мировых центров биоразнообразия. Южное и Юго-восточное побережье Крыма представляет собой гряду гор, простирающуюся от Севастополя на западе до Феодосии на востоке.

В нижней приморской зоне изучались лишайники двух особо охраняемых природных территорий (ООПТ): государственный природный заповедник «Карадагский» (ГПЗ «Карадагский») и природный заказник «Аю-Даг». Для ГПЗ «Карадагский» известно 346 видов лишайников [2]. Тем не менее, несмотря на важность экологического мониторинга состояния атмосферы на ООПТ и перспективность использования для этих целей лишайников, до настоящего времени такие работы в ООПТ Крыма не проводились. В ГПЗ «Карадагский» проводится многолетний мониторинг климатических параметров и поллютантов атмосферного воздуха [5], однако, без использования метода биоиндикации.

**Цель исследования** – выявление фоновых уровней накопления элементов трех видов лишайников: *Cladonia convoluta*, *Cladonia rangiformis*, *Evernia prunastri* на ООПТ Южного и Юго-восточного побережья Крыма

### Материалы и методы

Среди заповедных зон южного и юго-восточного побережья Крыма нами были выбраны две наиболее сильно различающиеся по уровню влажности, инсоляции и температуры воздуха: ГПЗ «Карадагский», расположенный на территории древнеюрского палеовулкана, и природный заказник «Аю-Даг», сильно выступающий в море и являющийся несостоявшимся вулканом (лакколитом). Все места отбора проб характеризовались отсутствием антропогенного загрязнения и различались по температурному режиму, влажности и уровню инсоляции (табл. 1).

Территория ГПЗ «Карадагский» представляет собой горно-вулканический массив (с основными горными породами, имеющими вулканическое происхождение) и характеризуется засушливым, жарким климатом, очень мягкой зимой и значительной величиной солнечной радиации при сравнительно малой облачности. Климат заповедника оценивают как переходный от субсредиземноморского к умеренно континентальному умеренно жаркому сухому [6]. Заповедник является одним из самых засушливых районов Горного Крыма. Основными почвообразующими породами Карадага являются продукты разрушения известняков, глинистых сланцев и вулканических пород.

Аю-Даг является самым крупным выходом на поверхность мезозойских магматических пород с типичной для южного берега ксерофитной растительностью. Вершина и склоны Аю-Дага покрыты шибляковым лесом с вкраплениями небольших рощ крымской сосны. Аю-Даг отличается специфическим микроклиматом с частыми туманами (табл.1)

Таблица 1

Среднегодовые температура и влажность ГПЗ «Карадагский» и природного заказника «Аю-Даг» [7]

Показатель	Карадаг*	Аю-Даг	Различия, %
Среднегодовая температура °С	13.82±8.15	14.39±6.5	4.1%
Коэффициент вариации, CV, %	59.0	45.2	30.5
Среднемесячное количество осадков, мм	45.53±19.9	56.64±17.2	24.3%
Коэффициент вариации, CV, %	43.7	30.4	43.7

\*данные по ГПЗ «Карадагский» получены с СФЭМ метеостанцией «ТРОПОСФЕРА-Н»

В мае-июне 2018 г в ходе экспедиционных исследований были собраны следующие виды лишайников, произрастающие в ГПЗ «Карадагский» (44°93'61"N, 35°23'33"E) и природном заказнике «Аю-Даг» (44°33'25.89"N, 34°20'10.72"E) (рис. 1): кладония оленевидная – *Cladonia rangiformis* Hoffm., кладония свернутая -*Cladonia convoluta* (Lam.) Anders, и эверния сливовая – *Evernia prunastri* (L) Ach. Количество проб каждого вида лишайников в каждой заповедной зоне составляло 12–15. Сбор лишайников в ГПЗ «Карадагский» осуществлялся в кустарниковом редколесье на высоте, не превышающей 300 м над уровнем моря. Образцы эвернии сливовой были собраны на ветвях груши лохолистной, фисташки туполистной, дуба пушистого. Сбор лишайников в природном заказнике Аю-Даг проводили в лесном сообществе, образцы эвернии сливовой отбирали на ветвях груши лохолистной и дуба пушистого. Высота над уровнем моря не превышала 500 м (рис. 1).



Рис. 1 Места сбора образцов лишайников (выделены желтыми овалами) в ГПЗ «Карадагский» (А) и природном заказнике «Аю-Даг» (Б)

Собранные лишайники высушивали при комнатной температуре до постоянной массы, гомогенизировали и хранили до начала проведения анализа в герметичных полиэтиленовых пакетах.

Содержание Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Sr, V и Zn в гомогенизированных образцах лишайников устанавливали методом ИСП-МС на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D (Perkin Elmer Inc., Shelton, CT 06484, США) в центре Биотической медицины (Москва). Для исключения нестабильности результатов в процессе определения в качестве внутреннего стандарта использовали родий  $^{103}\text{Rh}$ . В качестве внешнего стандарта применяли полиэлементный стандартный раствор (Merck IV), йодистый калий для калибровки по йоду и стандартные растворы Perkin Elmer для построения калибровочных кривых для P, Si и V. Все анализы проводили в трехкратной повторности.

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием критерия Стьюдента.

### Результаты и обсуждение

Наиболее распространенными видами лишайников на обеих территориях являются эпифитный лишайник *Evernia prunastri* и два наземных лишайника *Cladonia convoluta* и *Cladonia rangiformis*.

При проведении биоиндикации с использованием лишайников и оценки уровня загрязнения воздуха наиболее часто используют в качестве показателей загрязнения уровни накопления лишайниками макро- и микроэлементов [14]. Впервые фоновые уровни накопления различных элементов лишайниками предложены F. M. Rhoades [17]. С другой стороны, очевидным представляется тот факт, что даже в условиях охраняемых территорий ГПЗ «Карадагский» и природного заказника «Аю-Даг» [4] фоновые уровни накопления лишайниками элементов могут значительно различаться, что связано как с видовыми особенностями лишайников, так и с влиянием климатических условий и интенсивностью переноса тех или других элементов с поверхности моря в прибрежных зонах. Данные таблицы 2 показывают, что такие различия могут составлять более 10 раз.

Так, в одинаковых условиях вегетации кладония свернутая резко выделяется по способности накопления максимального количества минеральных веществ. В условиях высоких температур, интенсивной инсоляции и низкой влажности (Карадаг) кладония свернутая лидирует по накоплению тяжелых металлов и мышьяка (Al, As, Cd, Cr, Ni, Pb, Sr, V), макроэлементов (за исключением натрия), а также микроэлементов (Co, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Zn). Отличительной особенностью эпифитного лишайника *Evernia prunastri* в этих условиях является предпочтительное накопление В, I и Se (табл. 2). Высокая отзывчивость эвернии сливовой на интенсивный перенос селена и йода с поверхности моря указывает на важную роль этого эпифитного вида лишайников в кругообороте этих микроэлементов. С другой стороны, высокие уровни бора в эвернии сливовой и в наземных лишайниках ГПЗ «Карадагский» могут быть связаны с древней вулканической деятельностью, способствовавшей накоплению В в окружающей среде [3].

Среди исследованных элементов наибольшие концентрации для наземных видов лишайников характерны для железа и кальция, а для эпифитной *Evernia prunastri* – кальция и калия, что предполагает более интенсивный перенос минеральных веществ у эвернии от растения по сравнению с кладонией, получающей основную массу минералов через атмосферный перенос пыли. Действительно, наземные виды содержат больше минеральных веществ в условиях открытой местности (ГПЗ «Карадагский»), что предполагает значительно больший вклад компонентов почвы, поступающих с пылью, в элементный состав этих видов (рис. 2). Напротив, эпифитный лишайник *Evernia prunastri* более обогащен минералами в условиях Аю-Дага под пологом леса, где запыленность минимальна, однако, повышенная влажность способствует активации процессов переноса элементов от растения к эпифитному лишайнику [1]. Показательно, что высокий уровень минеральных веществ в кладонии свернутой проявляется в наибольшем содержании золы (рис. 2).

В условиях повышенной влажности, меньшего уровня инсоляции (лес) и более низких температур (Аю-Даг) (табл.1) *Cladonia convoluta* также характеризуется наибольшими уровнями накопления тяжелых металлов, макро и микроэлементов, хотя и более низкими значениями, чем установленные для условий Карадага (табл. 2). Изменения касаются только К и Zn, максимальное количество которых аккумулирует в этих условиях *Evernia prunastri*. Обращает внимание более высокая способность аккумулирования кремния *Cladonia rangiformis* по сравнению с другими видами независимо от факторов окружающей среды и значимое преобладание Se и I в *Evernia prunastri*. Последнее явление, по-видимому, связано с исключительной способностью этих элементов образовывать летучие метилированные формы, обеспечивающие интенсивный перенос селена и йода с поверхности моря особенно с аэрозолями [18].

Таблица 2  
Элементный состав *Evernia prunastri*, *Cladonia convoluta* и *Cladonia rangiformis* Карадага и Аю-Дага (мг/кг с.м.)

Элемент	<i>Evernia prunastri</i>		<i>Cladonia convoluta</i>		<i>Cladonia rangiformis</i>	
	Карадаг	Аю-Даг	Карадаг	Аю-Даг	Карадаг	Аю-Даг
1	2	3	4	5	6	7
Тяжелые металлы						
Al	320±32a	505±51b	5205±520c	1958±196d	1774±177e	840±84f
As	0.64±0.077a	1.15±0.11b	5.27±0.53c	2.28±0.23d	1.07±0.11b	0.71±0.085a
Cd	0.150±0.018a	0.230±0.028b	0.12±0.015a	0.310±0.038c	0.09±0.013d	0.12±0.014a
Cr	0.71±0.09a	1.63±0.16b	7.81±0.78c	4.04±0.40d	2.25±0.23e	1.10±0.11f
Ni	1.01±0.10a	1.91±0.19b	12.86±1.29c	4.98±0.50d	3.45±0.35e	1.22±0.12a
Pb	2.84±0.28a	5.67±0.57b	9,28±0.93c	12.12±1.21d	3.12±0.31a	4.84±0.48b
Sn	0.120±0.015a	0.280±0.034c	0.060±0.009d	0.18±0.022e	0.07±0.011b	0.07±0.011b

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Sr	15.19±1.52a	20.29±2.03b	37.31±3.73c	24.64±2.46b	10.53±1.0d	8.44±0.84d
V	1.07±0.11a	2.82±0.28b	13.89±1.39c	9.34±0.93d	4.33±0.43e	3.98±0.4e
Макроэлементы						
Ca	3726±373a	4486±449ac	10028±1003b	9028±903b	4946±495c	2580±258d
K	2534±253a	3552±355b	3271±327bc	3049±305ac	2565±256a	1264±126d
Mg	675±67a	857±86bd	2568±257c	868±87bd	1003±100d	429±43e
Na	207±21a	244±24a	163±16b	139±14b	99.04±9.9c	91.82±9.18c
P	608±61a	748±75b	568±76a	755±76a	701±70ab	257±26c
Микроэлементы						
B	3.76±0.38a	3.77±0.38a	2.21±0.22b	1.59±0.16c	2.31±0.23b	0.96±0.115d
Co	0.23±0.03a	0.51±0.06b	4.56±0.46c	2.61±0.26d	1.11±0.11e	1.87±0.19f
Cu	3.74±0.37a	5.45±0.54b	13.22±1.32c	6.86±0.69d	4.52±0.45b	3.16±0.32a
Fe	435±44a	1170±117b	12979±1298c	5238±524d	2646±265e	1845±185f
I	10.89±1.09a	10.99±1.18a	2.73±0.27b	6.41±0.64d	2.44±0.24bc	2.06±0.21c
Li	0.28±0.03a	0.63±0.08b	6.51±0.65c	4.11±0.41d	1.76±0.18e	1.39±0.14f
Mn	20.8±2.1a	110.0±11.0bc	328.0±33.0c	178±18d	96.98±9.7b	130±13e
Mo	0.110±0.013a	0.200±0.024b	0.290±0.035c	0.240±0.029bc	0.130±0.015a	0.08±0.011d
Se	0.390±0.047a	0.710±0.086b	0.170±0.020cd	0.390±0.047a	0.140±0.017c	0.210±0.026d
Si	29.08±2.91ac	18.72±1.87b	26.40±2.64a	18.24±1.82b	29.31±2.93ac	34.29±3.43c
Zn	23.85±2.38a	44.00±4.40b	39.45±3.94bc	34.18±3.42c	20.38±2.04a	20.31±2.03a

Приводимые данные представляют собой средние значения из 5 определений. В каждой строке различные индексы (a, b, c, d, e, f) соответствуют гомогенным подгруппам, выявленным посредством теста Дункана при  $p \leq 0.05$ . Различающиеся индексы свидетельствуют о достоверных различиях между средними значениями, одинаковые – об отсутствии достоверных различий.

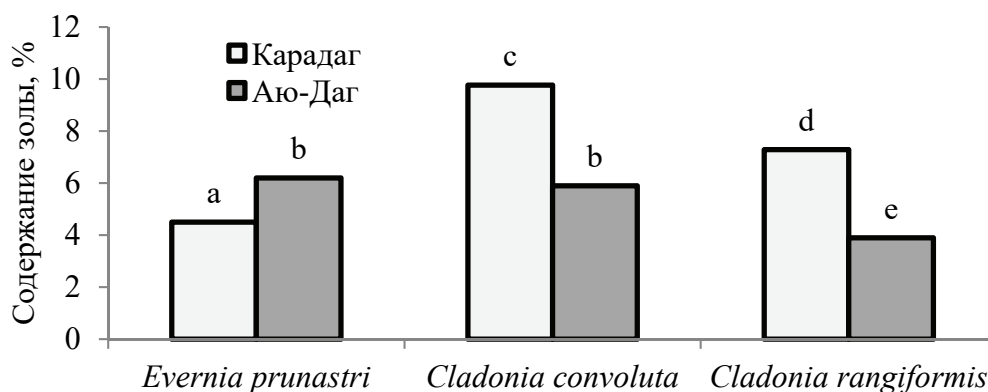


Рис. 2 Содержание золы в исследуемых лишайниках (значения с одинаковыми индексами статистически не различаются  $P > 0.05$ )

Среди трех исследованных видов лишайников наиболее широкое применение в экологическом мониторинге получила эверния сливовая [12,13], что в значительной степени обусловлено широким ареалом ее произрастания, а также отсутствием прямого воздействия почвенного субстрата. Известно, что эпифитные лишайники способны накапливать питательные вещества из растительного субстрата, давая возможность характеризовать не только уровень загрязнения окружающей среды по концентрации элементов в лишайниках, но и косвенно устанавливать элементный статус растений [16]. Сравнение полученных данных элементного состава эвернии сливовой с опубликованными в литературе свидетельствует о фоновых уровнях накопления Pb, Zn, Fe, Cr и Cu на исследованных территориях, близких по значениям к соответствующим показателям для эвернии сливовой Литвы, Италии и Турции (табл. 3). Показательно, что найденные значения накопления Pb, Zn, Fe, Cu и Cr на ООПТ

Крымского полуострова значительно ниже установленных показателей для промышленной зоны Марокко [13].

Таблица 3

Накопление отдельных элементов *Evernia prunastri* в разных географических регионах мира

	Pb	Zn	Fe	Cu	Cr	Лит-ра
Марокко	20-45.75	25-1366	1120-15000	7.3-66.66	18-1774	[12]
Литва	5-7	*	*	4-7	*	[15]
Центральная Италия	3-7	7	*	2-6	*	[12]
Турция	1.3-5.2	46.5	*	1.5-3.7	5.75	[10]
Карадаг	2.84	23.85	435	3.74	0.71	Настоящее исследование
Аю-Даг	5.67	44	1170	5.45	1.63	

\*данные отсутствуют

Обращает на себя внимание, что как для эвернии сливовой, так и наземных видов лишайников (*Cladonia convoluta* и *Cladonia rangiformis*) литературные данные об элементном составе весьма ограничены. Таким образом, результаты настоящего исследования являются первыми в оценке полного элементного состава лишайников экологически чистых территорий ГПЗ «Карадагский» и природного заказника «Аю-Даг». Более того, впервые установлены значительные различия в накоплении макро- и микроэлементов эпифитными и наземными видами лишайников в разных климатических условиях, что необходимо учитывать при проведении биоиндикации уровней загрязнения окружающей среды. При этом впервые установлена видоспецифичность такого влияния.

Так, интенсивность вариации в содержании тяжелых металлов убывают в ряду: *Cladonia convoluta* > *Evernia prunastri* > *Cladonia rangiformis*. Для микроэлементов эта зависимость меняется на: *Evernia prunastri* > *Cladonia convoluta* > *Cladonia rangiformis*. Наиболее стабильные уровни накопления макроэлементов характерны для *Evernia prunastri*, и максимальные различия зарегистрированы у *Cladonia convoluta* (табл. 4).

Таблица 4

Различия в аккумуляции тяжелых металлов лишайниками ГПЗ «Карадагский» и природного заказника «Аю-Даг»

1	<i>Evernia prunastri</i>	<i>Cladonia convoluta</i>	<i>Cladonia rangiformis</i>
1	2	3	4
<b>Тяжелые металлы</b>			
Al	+1.58	-2.66	-2.11
As	+1.8	-2.31	-1.51
Cd	+1.53	+2.58	+1.33
Cr	+2.3	-1.93	-2.05
Ni	+1.89	-2.58	-2.83
Pb	+2	+1.31	-1.55
Sn	+2.33	+3	1*
Sr	+1.34	-1.51	1.25*
V	+2.63	-1.49	1.09*
<b>M±SD**</b>	<b>1.93±0.33</b>	<b>2.15±0.53</b>	<b>1.63±0.46</b>
<b>CV, %</b>	<b>17.1</b>	<b>24.7</b>	<b>28.2</b>
<b>Макроэлементы</b>			
Ca	1.2*	1.1*	-1.92
Na	1.18*	1.17*	1.08*
K	+1.4	1.07*	-2.03

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Mg	1.27*	-2.96	-2.34
P	1.23*	+1.33	-2.73
<b>M±SD**</b>	<b>1.25±0.06</b>	<b>1.53±0.57</b>	<b>2.02±0.42</b>
<b>CV, %</b>	<b>4.8</b>	<b>37.3</b>	<b>20.8</b>
<b>Микроэлементы</b>			
B	1*	-1.39	-2.4
Co	+2.22	-1.75	+1.68
Cu	+1.46	-1.93	-1.43
fe	+2.69	-2.48	-1.43
I	1*	+2.35	1.18*
Li	+2.25	-1.58	-1.27
Mn	+5.29	-1.84	+1.34
Mo	+1.82	1.21*	-1.63
Se	+1.82	+2.29	+1.5
Si	-1.55	-1.45	1.17*
Zn	+1.84	1.15*	1*
<b>M±SD**</b>	<b>2.04±0.78</b>	<b>1.77±0.38</b>	<b>1.46±0.25</b>
<b>CV, %</b>	<b>38.2</b>	<b>21.5</b>	<b>17.1</b>

\* – различия не достоверны,  $P > 0.05$ ; \*\*расчитано по абсолютным значениям различий для двух территорий; (+) – соответствует преобладанию данного элемента в лишайнике на Аю-Даге; (-) – соответствует преобладанию данного элемента в лишайнике в ПЗ «Карадагский», CV – коэффициент вариации

Это сравнение указывает на определенные ограничения использования *Evernia prunastri* в экологическом мониторинге по содержанию микроэлементов в отличие от *Cladonia rangiformis*, для которой влияние климатического фактора на уровень микроэлементов наименьшее. Для *Cladonia convoluta* региональные различия в накоплении большинства элементов значительны, что, возможно, связано с огромной аккумулярующей способностью этого вида лишайников и специфическим строением талломов.

### Заключение

Полученные результаты позволили впервые установить фоновые уровни накопления макро- и микроэлементов тремя наиболее распространенными видами лишайников ПЗ «Карадагский» и природного заказника «Аю-Даг», а также выявить специфические особенности уровней аккумулярования элементов, что можно считать основополагающим в осуществлении биоиндикации состояния окружающей среды исследованных территорий.

### Список литературы

1. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. – М.: Научный мир, 2002. – 336 с.
2. Войцехович А.О., Надеина О.В., Кондратюк С.Я., Ходосовцев О.Е. Иллюстрированный конспект лишайников та ліхенофілних грибів Карадазького природного заповідника // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского. Сборник научных трудов. – Симферополь, 2015. – С. 134.
3. Голубкина Н.А., Лапченко В.А. Химический и элементный состав грунтовых вод Карадагского природного заповедника // Микроэлементы в медицине. – 2018. – №4. (в печати).
4. Горовая А.И., Морозова А.Л., Климкина И.И., Скворцова Т.В., Павличенко А.В., Лапченко В.А., Лапченко Е.В., Грунтова В.Ж., Ульянова Н.В. Цитогенетический мониторинг Карадагского природного заповедника // Карадаг – 2009. Сборник научных



трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – Севастополь: ЕСОСИ-Гидрофизика. – С. 474-492.

5. Звягинцев А.М., Кузнецова И.Н., Шалыгина И.Ю., Лезина Е.А., Лапченко В.А., Никифорова М.П., Демин В.И. Исследования и мониторинг приземного озона в России // Труды Гидрометцентра России. – 2017. – Вып. 36. – С. 56-70.

6. Карадаг заповедный: научно-популярные очерки/ Под ред. Морозовой А.Л. – Симферополь: Н. Орианда, 2011. – 288 с.

7. Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг южного берега Крыма. – Симферополь: Ариал, 2015. – 164 с.

8. Aslan A., Aptroot A., Yazicik K. Nery records for the lichen flora of Turkey// Mycotaxon. – 2002. – Vol.84. – P.277-280.

9. Agnan Y., Probst A., Séjalon-Delmas N. Evaluation of lichen species resistance to atmospheric metal pollution by coupling diversity and bioaccumulation approaches: A new bioindication scale for French forested areas // Ecological Indicators. – 2017. – Vol. 72. – P. 99-110.

10. Cansaran-Duman D., Atakol O., Aras S. Assessment of air pollution genotoxicity by RAPD in *Evernia prunastri* (L.) Ach. from around iron-steel factory in Karabk, Turkey// J. Environ. Sci. – 23(7). – P. 1171-1178.

11. Chen J., Blume H.-P., Beyer L. Weathering of rocks induced by lichen colonization//Catena. – 2000. – Vol. 39. – P. 121-146.

12. Conti, M.E., Tudino, M., Stripeikis, J., Cecchetti, G. Heavy metal accumulation in the lichen *Evernia prunastri* transplanted at urban, rural and industrial sites in central Italy// J. Atmosph. Chem. – 2004. – Vol. 49. – P. 83-94.

13. El Rhzaoui G., Divakar P.K., Crespo F., Tahiri H. Biomonitoring of air pollutants by using lichens (*Evernia prunastri*) in areas between Kenitra and Mohammedia cities in Morocco// Lazaroa. – 2015. – Vol. 36. – P. 21-30.

14. Loppi S., Pirintsos S.A., De Dominicis V. Soil Contribution to the Elemental Composition of Epiphytic Lichens (Tuscany, Central Italy)//Environmental Monitoring and Assessment. – 1999. – Vol.518(2). – P.121-131. DOI: 10.1023/A:1006047431210

15. Sujetoviene G, Sliumpaite I. Response of *Evernia prunastri* transplanted to an urban area in central Lithuania//Atmos. Pollut. Res. – 2013. – Vol. 4. – P. 222-228.

16. Nash T.H. Lichen biology. Chapter 12. Nutrients, elemental accumulation, and mineral cycling. – Cambridge, UK: Cambridge University Press. – 2008. – P. 234-251.

17. Rhoades F.M. A Review of Lichens and Bryophyte Elemental Content Literature with Reference to Pacific Northwest Species.// Report prepared for the US Dept of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region. Obtain copies from Air Program Manager, Mt. Baker -Snoqualmie National Forest, 21905 W 64<sup>th</sup> Ave. Mountlake Terrace, WA 98043, US. Available online at url: <http://www.nacse.org/lichenair>

18. Wen H., Carignan J. Ocean to continent transfer of atmospheric Se as revealed by epiphytic lichens//J.Env.Poll. – 2009. – Vol.157. – P.2790 – 2797.

Статья поступила в редакцию 12.10.2018 г.

**Golubkina N.A., Lapchenko V.A., Lapchenko E.V., Naumenko T.S., Krajnyuk E.S., Bagrikova N.A. Background accumulation levels of heavy metals, macro- and trace elements by some lichen species of protected areas of the South and South-East coasts of the Crimea // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 130. – P. 26-35**

Lichens possess wide spectrum of biological activity and are successfully used in traditional medicine and ecological monitoring. The aim of the present work was the evaluation of accumulation peculiarities of 25 macro- and trace elements by some lichen species of Crimean specially protected natural conservation areas: “Karadagsky” and “Au-Dag” nature reserves. Among 3 most common species of lichens (*Cladonia rangiformis*, *C. convoluta*, *Evernia prunastri*) *Cladonia convoluta* contains the highest levels of minerals and demonstrates

the highest accumulation capacity for heavy metals (Al, As, Cr, Ni, Pb, Sr, V) and Arsenicum, macroelements (Ca and Mg), and also trace elements (Co, Fe, Li, Mn, Mo and Zn). On the contrary, *Evernia prunastri*, colonizing branches of trees accumulates the highest levels of iodine and selenium. It was shown that accumulation levels of different elements by the mentioned lichens are not only species-specific but also are regulated by peculiarities of habitat (open area, forest canopy) and abiotic factors (humidity, temperature). The results may be considered as background values of elements in lichens for the studied environmentally friendly territories.

**Key words:** lichens; elemental composition; environment; specially protected nature conservation areas

## БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК [582.998.3-116]:57.085.2

DOI: 10.25684/NBG.boolt.130.2019.04

### ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ *CODONOPSIS LANCEOLATA* (SIEBOLD.&ZUCC.) BENTH. & HOOK. FIL. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Ольга Ивановна Молканова, Дарья Александровна Егорова,  
Ольга Васильевна Королева, Юрий Николаевич Горбунов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук  
127276, г. Москва, Ботаническая ул., 4  
E-mail: molkanova@mail.ru

Впервые регенеранты *Codonopsis lanceolata* (Siebold.&Zucc.) Benth. & Hook. fil. получены через прямой органогенез из пазушных меристем без стадии каллусообразования. Изучено влияние минерального состава питательной среды, регуляторов роста, их концентраций на регенерацию микропобегов. Показано положительное влияние совместного применения цитокининов и ауксинов на регенерацию микропобегов *C. lanceolata*.

**Ключевые слова:** *Codonopsis lanceolata*; лекарственное растение; клональное микроразмножение; морфогенетический потенциал

#### Введение

Кодонопсис ланцетный (*Codonopsis lanceolata* (Siebold.&Zucc.) Benth. & Hook. fil.) – многолетняя лиана из семейства колокольчиковых (Campanulaceae Juss.). Этот вид широко используется в традиционной медицине, так как характеризуется широким спектром лекарственных свойств. *C. lanceolata* обладает антиоксидантной, противовоспалительной и противоопухолевой и иммуномодулирующей активностью. Биологически активные вещества кодонопсиса регулируют сокращение сердечных мышц, пищеварительные процессы, а также участвуют в процессах клеточного роста. Данное растение используют для лечения бронхита, астмы, кашля, туберкулеза, диабета, диспепсии и психоневроза. Лечебные настои *C. lanceolata* рекомендуют при онкологических заболеваниях и при различных воспалительных процессах. В лечебных целях в основном применяют корни, которые содержат углеводы, стерины (бета-ситостерин), тритерпеновые сапонины, кумарины, липиды (фосфолипиды и триглицериды). В стебле содержатся флавоноиды (апигенин, лютеолин). Хотя в традиционной медицине имеется информация о применении многих видов *Codonopsis*, наиболее часто сообщалось о биологической активности *C. pilosula* Franch. и *C. lanceolata*, что подтвердило их ценность в качестве лекарственных растений [6, 10].

Род *Codonopsis* включает 42 вида двудольных травянистых многолетних