

А.В. Машталер

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК *BRYUM ARGENTEUM* HEDW. В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

мохообразные, *Bryum argenteum* Hedw., промышленный регион

Введение

На современном этапе экологических исследований все чаще индикаторами состояния окружающей среды выступают структурные элементы растений. Общеизвестно, что в экстремальных условиях морфологическая изменчивость у растений несколько увеличивается, или, наоборот, уменьшается. Это обуславливается тем, что устойчивость популяций в условиях среды, которая изменяется, может быть достигнута за счет как автономности и стабильности, так и пластичности параметров, которые их характеризуют [1, 7, 9]. Поэтому такие элементарные количественные характеристики как ширина и длина листовой пластинки мхов имеют большое индикационное значение.

Цель работы – исследовать морфологическую характеристику листовых пластинок *Bryum argenteum* Hedw. в условиях промышленного региона.

Объект и методика исследований

Для исследования морфологической характеристики мохообразных в условиях промышленного региона был выбран мох *Bryum argenteum* Hedw., который является одним из наиболее распространенных видов мхов в антропогенно трансформированных экотопах. Исследование проводили в на территории городов Донецк (Донецкий ботанический сад НАН Украины (ДБС); АС «Абакумова»; АС «Крытый рынок») и Макеевка (Донецкая область: ЦПКиО им. 50-летия Октября; шахта им. Ленина; АС «Плехановская»; СЗЗ ММК; р-н «Западная»).

Каждая выборка (n=60) из исследуемой локации подвергалась сравнению с контрольным образцом. Идентификацию мохообразных и морфологические исследования проводили под микроскопом МБИ-3 с использованием винтового окулярного микрометра (МОВ – 1-15×) и объект-микрометра ОМП. [8]. Фотосъемку *Bryum argenteum* Hedw. в полевых и лабораторных условиях производили фотокамерой Nikon COOLPIX S520 (8.0 MP). Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.0., Excel 2002 for Windows, уровень достоверности – 0,95% (P<0,05).

Результаты исследований и их обсуждение

Было детально изучено состояние листовых пластинок: наличие или отсутствие хлорозов, степень повреждения листовой пластинки, характер клеточной сети.

У *B. argenteum* повреждения выражаются в различной степени в разных мониторинговых зонах. Поскольку характерной особенностью листовых пластинок *B. argenteum* является наличие бесцветной верхушки, которая в нормальном состоянии занимает приблизительно 1/3 листовой пластинки, этот признак не является проявлением хлорозов. При фиксации повреждений учитывается степень увеличения площади бесцветной верхушки. Именно обесцвечивание является первой визуальной реакцией на проникновение загрязняющих веществ в ткани мхов [5]. Затем наступает некроз и отмирание клеток.

Следует отметить, что в каждой из мониторинговых зон были обнаружены листовые пластинки с различной степенью повреждений и без них. На рисунке 1 представлены наиболее типичные для каждой мониторинговой зоны морфологические изменения листовых пластинок *B. argenteum*: некроз единичных клеток в средней части листа (а, е); увеличение площади бесцветных клеток верхушки – до 1/2 листовой пластинки и сохранение живых клеток в основании листа и частично возле жилки (б, г, ж); асимметрия, некроз в средней части листа и в его основании (в, ж); побурение стенок некротированных клеток (г); практически полный некроз клеток (д, з). Также было отмечено неестественное удлинение клеток и утолщение их стенок, что является следствием накопления в них таких металлов, как Fe, Cu и Pb [9, 10]. Помимо этого, наблюдалась хрупкость клеточных стенок, что приводило к разрыву и гибели клеток. Это может быть связано с замещением в условиях загрязнения окружающей среды Са, придающего упругость клеткам,

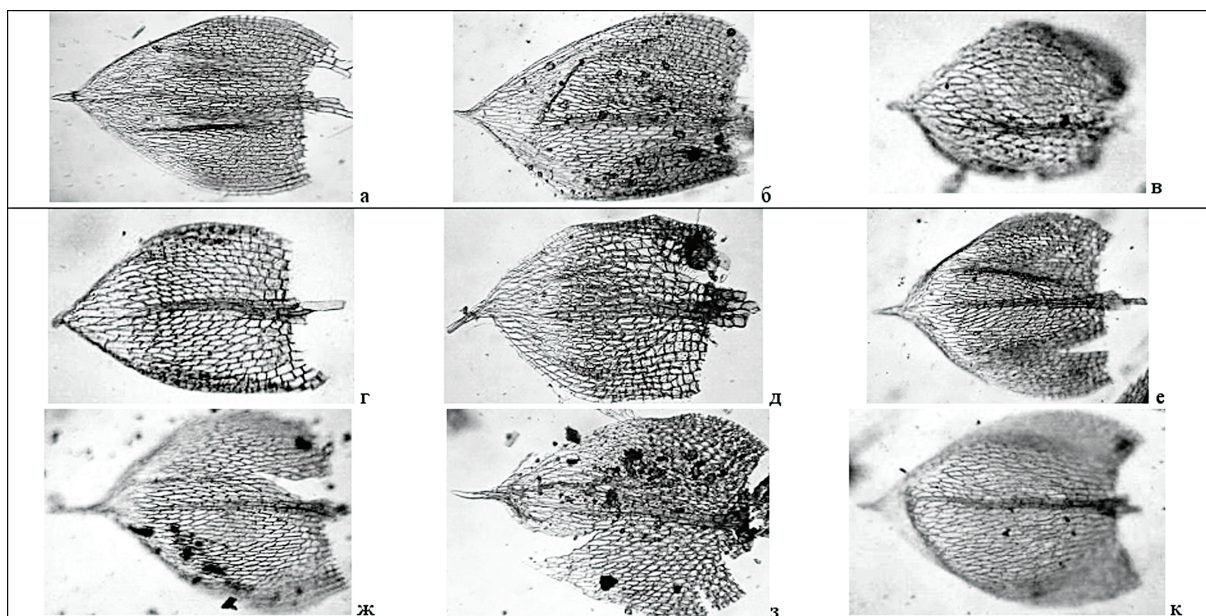


Рис. 1. Морфологические изменения листовых пластинок *Bryum argenteum* Hedw. в мониторинговых зонах г. Макеевка (а – ЦПКиО им. 50-летия Октября; б – шахта им. Ленина; в – АС «Плехановская»; г – СЗЗ ММК; д – р-н «Западная») и г. Донецк (е – ДБС; ж – АС «Абакумова»; з – АС «Крытый рынок»; к – контроль); $\times 450$ МБИ-3.

соединениями Cd [1, 3]. Следовательно, нарушаются прочные межклеточные связи и ткань листовой пластинки легче подвергается механическим воздействиям. Подобное явление было отмечено у листовых пластинок *B. argenteum*, собранных в р-не «Западная» (г. Макеевка), АС «Абакумова» и «Крытый рынок» (г. Донецк), что свидетельствует о повышенных концентрациях Cd в атмосферном воздухе и почвах данных зон. Практически никаких изменений не наблюдается у листов *B. argenteum*, собранных в контрольной зоне (рис. 1, к).

Общеизвестно [9], что под влиянием тяжелых металлов в первую очередь блокируются те звенья метаболизма, которые связаны с активным ростом. Явление уменьшения ростовых характеристик мхов объясняется не замедлением роста клеток, а уменьшением их длины при увеличении диаметра, что вызвано воздействием тяжелых металлов (в частности Pb и Cd) [1]. В этом случае «приоритетной» для мхов становится задача выживания.

Максимальными длина и ширина листовой пластинки обнаружены у образцов из парковой зоны (г. Макеевка) и ДБС (г. Донецк) (табл.). Это может свидетельствовать как о положительном влиянии экологических факторов данных территорий на рост и развитие листовых пластинок *B. argenteum*, так и о минимальном загрязнении атмосферного воздуха и почвенного субстрата. Об отсутствии загрязнения нельзя говорить в силу небольшого удаления от источников загрязнения окружающей среды (предприятий тяжелой промышленности городов Макеевка и Донецк, автомагистралей).

Поскольку минимальными длина и ширина листовой пластинки мхов являются в СЗЗ ММК (г. Макеевка) и около АС «Абакумова» (г. Донецк), то можно говорить об угнетении роста листовых пластинок *B. argenteum* под воздействием тяжелых металлов и газообразных выбросов загрязняющих веществ.

При измерении параметров листовой пластинки было установлено среднее и слабое варьирование признака [4] (рис 2.).

Максимальное значение коэффициента вариации было установлено для длины листовой пластинки мониторинговой зоны АС «Крытый рынок», минимальное – для ЦПКиО им. 50-летия Октября. Максимальное значение коэффициента вариации было установлено для ширины листовой пластинки мониторинговой зоны АС «Абакумова», минимальное – для зоны условного контроля.

Было проведено сравнение полученных данных со значениями, приведенными в определителях мохообразных [2, 6]. В пределах нормы находятся средние показатели длины листовой пластинки образцов мха, собранных в зонах ЦПКиО им. 50-летия Октября, шахты им. Ленина и в контрольной зоне (0,5 – 0,9 мм). Кроме этих зон, нормальные средние показатели ширины листовой пластинки

Таблица. Показатели длины и ширины (см) листовой пластинки *Bryum argenteum* Hedw.

Мониторинговая зона	M±m	max	min	σ	CV, %
г. Макеевка					
СЗЗ ММК	0,41 ± 0,01	0,52	0,33	0,04	10,38
	0,28 ± 0,005	0,39	0,21	0,04	15,51
ЦПКиО им. 50-летия Октября	0,51 ± 0,01	0,59	0,34	0,04	8,23
	0,34 ± 0,005	0,40	0,23	0,04	10,70
Шахта им. Ленина	0,50 ± 0,01	0,63	0,38	0,05	10,79
	0,35 ± 0,01	0,42	0,27	0,04	11,29
Район “Западная”	0,48 ± 0,01	0,61	0,34	0,05	10,53
	0,27 ± 0,005	0,35	0,20	0,04	13,44
АС “Плехановская”	0,45 ± 0,01	0,66	0,33	0,06	14,32
	0,33 ± 0,005	0,41	0,21	0,04	11,16
г. Донецк					
АС “Крытый рынок”	0,43 ± 0,01	0,65	0,32	0,06	14,63
	0,29 ± 0,005	0,40	0,22	0,04	13,73
АС “Абакумова”	0,42 ± 0,01	0,55	0,31	0,05	12,38
	0,27 ± 0,01	0,38	0,21	0,04	15,54
ДБС	0,48 ± 0,01	0,62	0,40	0,06	11,42
	0,33 ± 0,005	0,40	0,24	0,03	10,49
Контроль	0,52 ± 0,01	0,62	0,38	0,06	10,76
	0,35 ± 0,004	0,41	0,28	0,03	8,96

Примечания: max – максимальное значение показателя, min – минимальное значение показателя, M±m – среднее значение и ошибка среднего, σ – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации (%), в числителе длина, в знаменателе ширина листовой пластинки.

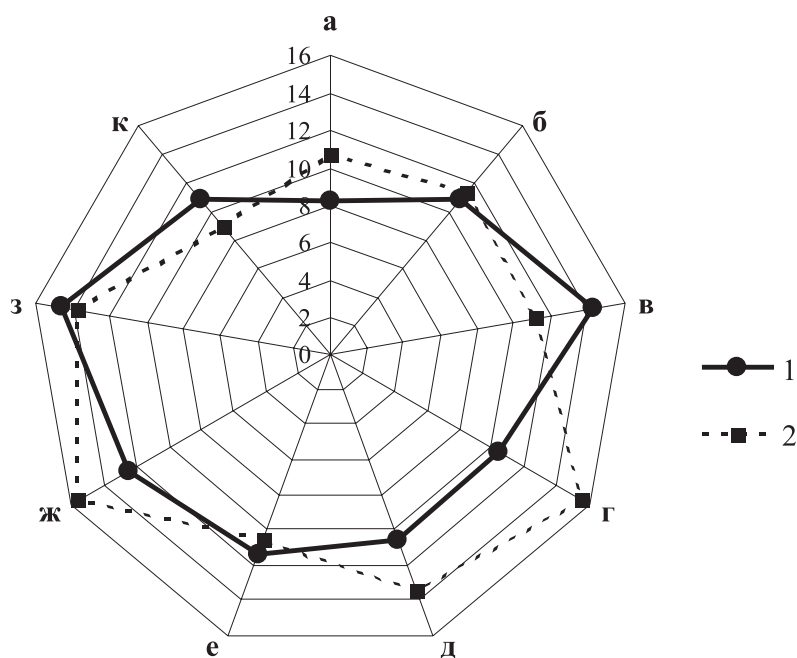


Рис. 2. Значения коэффициента вариации параметров листовой пластинки *Bryum argenteum* Hedw.: а – ЦПКиО им. 50-летия Октября; б – шахта им. Ленина; в – АС «Плехановская»; г – СЗЗ ММК; д – р-н «Западная»; е – ДБС; ж – АС «Абакумова»; з – АС «Крытый рынок»; к – контроль; 1 – длина, 2 – ширина листовой пластинки.

(0,3 – 0,6 мм) зарегистрированы также в зонах АС «Плехановская» и ДБС. Остальные результаты не достигают даже минимальных значений нормы. Данный факт еще раз подтверждает отрицательное влияние факторов городской среды на произрастание мохообразных.

Проанализировав установленные морфологические изменения листовых пластинок *B. argenteum*, исследуемые мониторинговые зоны городов Макеевка и Донецк были расположены в порядке возрастания степени повреждения листовых пластинок мха. Так, для Макеевки был по-

лучен следующий ряд мониторинговых зон: «ЦПКиО им. 50-летия Октября → шахта им. Ленина → АС «Плехановская» → СЗЗ ММК → р-н «Западная». Аналогичный ряд для Донецка выглядит следующим образом: «ДБС → АС «Абакумова» → АС «Крытый рынок».

Выводы

Таким образом, по результатам исследования морфологических изменений и морфометрических характеристик мха *B. argenteum* нами были определены мониторинговые зоны, в которых условия для его произрастания являются наиболее благоприятными. Это ЦПКиО им. 50-летия Октября в г. Макеевка и ДБС в г. Донецке. Исходя из того, что обнаруженные у листовых пластинок повреждения обусловлены отрицательным воздействием загрязняющих веществ, можно выделить мониторинговые зоны, в которых загрязнение окружающей среды является максимальным. Для г. Макеевки такой зоной является СЗЗ ММК, для г. Донецка – территории АС «Крытый рынок» и АС «Абакумова».

1. Демків Л.О. Реакції мохів на токсичну дію важких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 “Фізіологія рослин” / Л.О. Демків. – Київ, 1996. – 22 с.
2. Игнатов М.С. Флора мхов средней части европейской России. Т.1. *Sphagnaceae – Hedwigaceae* / М.С. Игнатов, Е.А. Игнатова. – М.: КМК, 2003. – 608 с.
3. Кияк Н.Я. Особливості внутрішньоклітинної локалізації іонів важких металів у мохах / Н.Я. Кияк // Сучасні напрямки у фізіології та генетиці рослин: тез. доп. VII конф. молодих вчених (23 – 25 жовтня, 2002 р., м. Київ). – К., 2002. – С. 19.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.
5. Маєвська С.М. Морфо-фізіологічні аспекти стійкості мохів до токсичної дії іонів важких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 “Фізіологія рослин” / С.М. Маєвська. – Львів, 2001. – 20 с.
6. Мельничук В.М. Определитель листовых мхов средней полосы и юга европейской части СССР / В.М. Мельничук. – К.: Наук. думка, 1970. – 444 с.
7. Ольхович О.П. Фітоіндикація та фітомоніторинг / О.П. Ольхович, М.М. Мусієнко – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 64 с.
8. Паушева З.В. Практикум по цитологии растений / З.В. Паушева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
9. Речевська Н.Я. Адаптація мохів до токсичної дії важких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 “Фізіологія рослин” / Н.Я. Речевська. – Львів, 1999. – 19 с.
10. Яковлева О.В. Морфолого-анатомическая характеристика *Hylocomium splendens* – индикатора загрязнения лесов Карельского перешейка / О.В. Яковлева, А.А. Бузников, А.А. Паутов, Е.Н. Андреева, Т.К. Юрковская, Н.В. Алексеева-Попова // Ботан. журн. – 2001. – Т. 86, № 8. – С. 52 – 62.

Донецкий национальный университет

Получено 07.10.2010

УДК 582.32: 581.45 (477.60)

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК
BRYUM ARGENTEUM HEDW. В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА
А.В. Машталер

Донецкий национальный университет

Было детально изучено состояние листовых пластинок *Bryum argenteum* Hedw. в условиях промышленного региона: наличие или отсутствие хлорозов, степень повреждения листовой пластинки, характер клеточной сети. Определены мониторинговые зоны, в которых условия для произрастания мха являются наиболее благоприятными, а также те мониторинговые зоны, в которых загрязнение окружающей среды является максимальным.

UDC 582.32: 581.45 (477.60)

THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *BRYUM ARGENTEUM* HEDW. LEAVES
IN CONDITIONS OF AN INDUSTRIAL REGION
A.V. Mashtaler

Donetsk National University

The state of *Bryum argenteum* Hedw. leaves in conditions of an industrial region has been investigated in detail: presence or absence of chloroses, a leaf damage rate, the character of a cellular network. The monitoring zones where conditions for moss growth are optimum, as well as the zones where environmental contamination pollution is maximal have been identified.