

Таким образом, современные сорта пелюшки могут успешно конкурировать с сортами посевного типа не только по урожайности семян, но и устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам среды. Их растения более устойчивы к засушливым погодным условиям вегетации и в меньшей степени повреждаются некоторыми вредителями, что позволяет рассматривать использование их растений в селекции одним из наиболее приоритетных направлений.

Литература

- Амелин А.В. Реакция разных по окультуренности сортообразцов гороха на условия произрастания // Доклады РАСХН. 2001. №3.
- Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) М., 2004. 1112 с.
- Макашева Р.Х. Горох. Л., 1973. 311 с.
- Молчан И.М., Ильина Л.Г., Кубарев П.И. Спорные вопросы в селекции растений // Селекция и семеноводство. 1996. №1–2. С.36–51.
- Неттевич Э.Д. Культура поля и селекция // Зерновое поле Нечерноземья. М., 1986. С. 22–38.
- Парахин Н.В., Амелин А.В. Значение современных сортов в повышении устойчивости и эффективности сельскохозяйственного производства // Роль современных сортов и технологий в сельскохозяйственном производстве. Орел, 2005. С. 94–104.
- Чекалин Е.И., Амелин А.В., Кондыков И.В., Монахова Н.А. Продуктивные возможности растений гороха полевого в аспекте селекции на зерновое использование // Сб. матер. Междунар. конф. «Роль молодых ученых в реализации национального проекта «Развитие АПК». М., 2007. С. 98–100.
- Amelin A.V., Kulihov N.G., Stibacova Yu.N. Pest resistance and morphophysiological peculiarities of plants of various pea samples differing by their tame degree// Plant under environmental stress. Moscow, 2001.

**СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ТАЛЛОМЕ ЛИШАЙНИКА
HYPOGYMNA PHYSODES(L.) NYL. В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ МЕСТООБИТАНИЯ**

Андросова В.И., Вержбицкая Е.В., Слободяник И.И.

Петрозаводск, Петрозаводский государственный университет

В настоящее время фотосинтетические пигменты и их содержание в талломах лишайников становятся объектом все возрастающего числа исследований (Wilhelmsen, 1959; Hampton, 1973; Lange et al., 1989; Von Arb et al., 1990; Tretiach, Carpanelli, 1992; Adams et al., 1993; Garty et al., 1997; Czezuga, 2001; Veerman et al., 2007 и др). Содержание фотосинтетических пигментов и изменение их количества в лишайниках видоспецифично и отражает интенсивность протекающих в талломах физиологических процессов, в первую очередь фотосинтеза (Kuziel, 1972; Tretiach, Carpanelli, 1992; Бязров, 2002).

Исследования фотосинтетических пигментов лишайников играют важную роль для понимания характера их «ответа», как важных биоиндикаторов, на изменяющиеся условия макро-, микроклимата и степени загрязнения окружающей среды. На сегодняшний день оценка качественного и количественного содержания ассимилирующих пигментов в талломах лишайников является одним из распространенных показателей для выявления степени повреждения этих организмов в условиях загрязнения среды.

Цель исследования – определить содержание хлорофилла *a* (*chl a*), хлорофилла *b* (*chl b*), и каротиноидов (*car*) в талломах лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. в разных условиях местообитания.

Исследования проводились на территории НП «Водлозерский», ГПЗ «Кивач» и г. Петрозаводска в 2002–2007 гг. Всего было заложено 28 пробных площадей в сосновых (10) и еловых (18) сообществах чернично-зеленомошного типа. На каждой пробной площади проводились полные геоботанические описания и отбирались 5–10 деревьев *Pinus sylvestris* L. или *Picea abies* (L.) Karst., для которых определялись основные морфометрические параметры (высота и возраст дерева, высота грубой корки; параметры кроны – высота прикрепления, радиус и сквозистость, угол наклона ствола). Со стволов выбранных деревьев собирались образцы талломов *H. physodes*, для которых проводился анализ концентрации пигментов на спектрофотометре и расчет их содержания по формулам Винтерманса. Измерения были проведены для 280 образцов в трехкратной повторности. Статистический анализ данных проводился регрессионным (РА), однофакторным дисперсионным анализами (ОДА), методом сравнения выборок критерием Колмогорова-Смирнова (ККС) и методом главных компонент (МГК).

Результаты содержания фотосинтетических пигментов в талломах *H. physodes* в изученных лесных сообществах представлены на рисунке 1. Согласно полученным данным, среднее содержание *chl a*, *chl b* и *car* в талломах *H. physodes* в исследованных еловых сообществах достигает 0,96, 1,04 и 1,14 мг/г сух. массы, соответственно. Содержание пигментов в талломах лишайника сосновых лесов значительно ниже и составляет 0,42, 0,15 и 0,19 мг/г сух. массы, для *chl a*, *chl b* и *car*, соответственно (ККС, $\alpha=0,001$) (рис. 1). Соотношение хлорофиллов и каротиноидов ($a+b/car$) в талломах *H. physodes* еловых лесов составляет 1,75, в образцах сосновых сообществ – 3.

Различия в содержании пигментов обусловлены разными условиями местообитания эпифитных лишайников в еловых и сосновых сообществах. Известно, что формирование эпифитного лишайникового покрова в условиях южной Карелии во многом определяется такими характеристиками местообитания как параметры сообщества, деревьев, кроны, а также экспозиция, угол наклона поверхности ствола, pH корки (Тарасова, 2000; Степанова, 2004). В ходе исследования, на основе РА, ККС, ОДА и МГК, было проанализировано влияние этих характеристик местообитания эпифитных лишайников на содержание фотосинтетических пигментов в талломах вида *H. physodes*.

Согласно полученным результатам исследования, зависимости содержания фотосинтетических пигментов в талломах лишайника *H. physodes* от характеристик местообитания в еловых сообществах зарегистрировано не было.

Изучение зависимости содержания пигментов в талломах *H. physodes* от различных характеристик местообитания в сосновых сообществах показало, что в наибольшей степени их содержание связано с индивидуальными характеристиками (параметры кроны, pH корки, экспозиция, угол наклона поверхности ствола), определяющими режимы освещения и увлажнения талломов на локальных участках стволов сосен. Так, зарегистрирована обратная зависимость содержания пигментов от высоты прикрепления и сквозистости кроны. При увеличении сквозистости кроны от 20 до 60%, содержание *chl a* уменьшается от 0,51 до 0,18 мг/г сух. массы ($r=-0,50$, $p=0,001$). Прямая связь с содержанием пигментов выявлена для радиуса кроны и pH корки ствола. Уменьшение кислотности корки (увеличение pH) характеризует более интенсивное «снабжение» осадками поверхности ствола дерева и талломов эпифитных лишайников (Тарасова, 2000). При увеличении pH корки от 3,25 до 3,95 содержание *chl a* в талломах увеличивается от 0,13 до 0,63 мг/г сух. массы ($r=-0,51$, $p=0,001$). Следовательно, в сосновых сообществах при уменьшении инсоляции и увеличении степени увлажнения исследованных талломов *H. physodes*, содержание пигментов в них возрастает.

Таким образом, согласно полученным результатам, в естественных условиях местообитания содержание пигментов в талломах *H. physodes* в еловых сообществах выше, чем в сосновых лесах. Отсутствие связи между содержанием пигментов в талломах и характеристиками местообитания лишайников в исследованных еловых лесах, вероятно, связано с выравниваемостью условий освещения и увлажнения на стволах елей в сравнении с сосновыми сообществами. Согласно этому, вероятно, можно говорить о том, что в отсутствии влияния антропогенных факторов, в исследованных еловых сообществах создаются более благоприятные, в сравнении с сосновыми сообществами, микроклиматические условия для протекания ассимиляционных процессов в талломах *H. physodes*.

Сравнение содержания фотосинтетических пигментов в талломах *H. physodes* в еловых и сосновых лесах города и природоохранных территорий выявило изменение соотношений в пигментном составе (рис. 2, рис. 3).

В еловых сообществах города содержание *chl a* и *chl b* значительно ниже, в сравнении с ельниками НП «Водлозерский» (ККС; $\alpha=0,001$) (рис. 2). Так, в исследованных талломах города содержание *chl a* в 4,5 раза, а *chl b* – в 2 раза ниже, чем в образцах Парка. Однако содержание каротиноидов в городе, напротив, почти в 2 раза превышает их значения в еловых сообществах Парка. Вероятно, это связано с большей устойчивостью каротиноидов к действию загрязнения, а также с их защитной функцией как антиоксидантов клеточного метаболизма и участников защиты фотосистем.

Противоположные результаты были получены при сравнении содержания пигментов в талломах *H. physodes* сосновых сообществ г. Петрозаводска и заповедника «Кивач» (рис. 3). Установлено, что содержание всех исследованных пигментов в образцах талломов г. Петрозаводска в 2–4 раза выше, чем в образцах ГПЗ «Кивач» (ККС, $p=0,001$). Изученные сосновые сообщества города по сравнению с сообществами заповедника характеризуются меньшей степенью освещения в пологе леса, но более интенсивным увлажнением стволов деревьев осадками. Кроме того, возможно, что в условиях города, некритически высокие концентрации загрязнителей воздуха, в первую очередь NO_2 , могут стимулировать в талломах лишайников различные синтетические процессы, в том числе и синтеза пигментов (von Arb et al., 1990).

Таким образом, в условиях города в сосновых сообществах для эпифитных лишайников могут сложиться более благоприятные условия по сравнению с городскими еловыми сообществами. В сосновых сообществах, талломы эпифитных лишайников находятся в физиологически активном состоянии очень непродолжительное количество времени, вследствие их быстрого высушивания (Zotz et al., 1998). В еловых сообществах, талломы лишайников, дольше находятся в увлажненном состоянии и имеют более продолжительную фотосинтетическую активность. Однако в это же время в их талломы могут непрерывно поступать растворенные в парообразной воде газы (SO_2 , NO_2), которые в больших концентрациях могут оказывать разрушающее действие на морфо-анатомические структуры физиологически активного таллома. Вероятно, это во многом объясняет более низкое содержание пигментов в талломах *H. physodes* еловых лесов, по сравнению с сосновыми, в условиях города.

Литература

- Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М., 2002. 336 с.
 Степанова В. И. Эпифитный лишайниковый покров ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в еловых лесах южной Карелии: Автореф. дис. канд. биол. наук. СПб., 2004. 28с.

- Тарасова В. Н. Эпифитный лишайниковый покров основных типов сосновых лесов южной Карелии и его формирование: Автореф. дис. канд. биол. наук. СПб., 2000. 27 с.
- Adams III W. W., Demming-Adams B., Lange O. L. Carotenoid composition and metabolism in green and blue-green algal in the field // *Oecologia*. 1993. № 94. P. 576–584.
- Czeczuga B., Krukowska K. Effect of habitat conditions of phycobionts and the content of photosynthesizing pigments in five lichen species // *J. hattori Bot. Lab.* 2001. № 90. P. 293–305.
- Garty J., Kloog Y., Cohen R., Wolfson R., Karnieli A. The effect of air pollution on the integrity of chlorophyll spectral reflectance response, and on concentrations of nickel, vanadium and sulfur in the lichen *Ramalina duriaei* (De Not.) Bagl // *Environ. Res.* 1997. № 74. P. 174–187.
- Hampton E. Photosynthetic pigments in *Peltigera canina* (L.) Willd. From sun and shade habitats // *The Bryologist* (short articles). 1973. Vol. 76. P. 543–545.
- Kuziel S. Influence of phorophyte on the anatomical structure and chlorophyll content in the thalli of *Hypogymnia physodes* var. *subcrustaceae* (Flot. (Ex Koerb.) Rassad) // *Zesz. Nauk. Un. Łódź. Nauki Mat.-Przyr. seria II.* 1972. № 47. s. 137–147.
- Lange O. L., Bilger W., Rimke S., Schreiber U. Chlorophyll fluorescence of lichens containing green and blue-green algae during hydration by water vapour uptake and by addition to liquid water // *Botanica Acta*, 1989. № 102. P. 306–313.
- Tretiach M., Carpanelli A. Chlorophyll content and morphology as factors influencing the photosynthetic rate of *Parmelia caperata* // *Lichenologist*. 1992. V. 24. P. 81–92.
- Veerman J., Vasil'ev S., Gavin D. Paton, Ramanauskas J., Doug B. Photoprotection in the Lichen *Parmelia sulcata*: The Origins of Desiccation-Induced Fluorescence Quenching // *Plant Physiol.* 2007. № 145. P. 997–1005.
- Von Arb C., Brunold C. Lichen physiology and air pollution. I. Physiological responses of in situ *Parmelia sulcata* among air pollution zones within Biel, Switzerland // *Canadian Journal of Botany*. 1990. № 68. P. 35–42.
- Wilhelmsen J. B. Chlorophylls in the lichens *Peltigera*, *Parmelia* and *Xanthoria* // *Bot. Tridss.* 1959. № 55. P. 20–36.
- Zotz G., Büdel B., Meyer A., Zellner H., Lange O. L. In situ studies of water relations and CO₂ exchange of the tropical macrolichen, *Sticta tomentosa* // *New Phytologist*. 1998. № 139. P. 525–535.

УСТОЙЧИВОСТЬ ПИГМЕНТОВ *AVENA SATIVA* И *CUCUMIS SATIVUM* К ПОВЫШЕННОМУ СОДЕРЖАНИЮ CD, NI, CU, ZN И ИХ СОЧЕТАНИЯМ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Беляева А.И., Дроздова И.В.

Санкт-Петербург, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

Изучали токсическое действие в питательной среде тяжелых металлов, которые являются существенным стрессовым фактором для сосудистых растений. В связи с усиливающимся загрязнением поллютантами агроценозов, в качестве объектов исследования использовались культурные растения. Известно, что хлороз листьев является одним из наиболее отчетливых симптомов токсического влияния тяжелых металлов на высшие растения. Это наблюдается в районах геохимических аномалий и на урбанизированных территориях, и может быть следствием разрушения пигментных комплексов, в том числе хлорофиллов, или уменьшения синтеза зеленых пигментов (Парибок, 1983; Sheoran et. al., 1990, Yurekli a. Porgali, 2006, Ghnaya et al., 2007).

В модельном опыте определяли различия в степени устойчивости зеленых пигментов в листьях сосудистых растений из различных групп – однодольных *Avena sativa*, сорт «Астор», и двудольных *Cucumis sativum*, сорт «Изящный», при избытке Cd, Ni, Cu, Zn и их сочетаний: Cd + Cu, Ni + Zn в околокорневом растворе. В связи с задачей эксперимента проростки овса выращивали на 1/10 концентрации полного питательного раствора Арнона до 10 дневного возраста, а проростки огурца росли на 1/2 концентрации этого же раствора 27 дней. Затем их помещали на смесь солей: 5×10^{-4} М Ca(NO₃)₂ и 1×10^{-3} М KCl – контрольный вариант. В опытных вариантах к этой смеси добавляли серноокислые соли тяжелых металлов в концентрации, выбранной в предварительных опытах. Каждые двое суток растворы заменяли свежими. Использовались следующие концентрации: 5×10^{-4} М Zn и 1×10^{-4} М Cd для обоих видов; 3×10^{-5} М Cu и 3×10^{-5} М Ni для огурца; 5×10^{-5} М Cu и 1×10^{-4} М Ni для овса; смеси металлов были 3×10^{-5} М Cu + 5×10^{-5} М Cd и 3×10^{-5} М Ni + 3×10^{-4} М Zn.

Количественное содержание хлорофиллов *a* и *b* определяли в пробах листьев через каждые 2 суток опыта спектрофотометрическим методом. В те же сроки растения фиксировали для изучения минерального состава атомно-абсорбционным методом.

Установлено, что внесение избытка Cd, Ni, Cu, Zn в питательную среду приводило к уменьшению содержания фотосинтетических пигментов в листьях. Показана видовая специфичность реакций растений на действие тяжелых металлов. Зеленые пигменты у проростков огурца подверглись большим изменениям в сравнении с таковыми у овса (табл.).