

УДК 577.355.4: 581.132

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТНОГО ГРАДИЕНТА

© 2013 Е.В. Пиняскина, А.Т. Маммаев, М.Х-М. Магомедова, М.Ю. Алиева

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, г. Махачкала

Поступила в редакцию 20.05.2013

Изучали флуоресцентные характеристики и количественные характеристики фотосинтетического пигментного комплекса листьев берез повислой (*Betula pendula* Roth.) и Литвинова (*Betula litwinowii* Doluch), произрастающих на высотах -28 и 1800 м над уровнем моря. Выявлено уменьшение содержания хлорофиллов по высотному профилю, что мы связываем с интенсивной инсоляцией в горах, их деструкцией в экстремальных природных условиях – разброс дневных и ночных температур, высокий уровень ультрафиолетового излучения. Отмечено увеличение содержания каротиноидов по высотному градиенту.

Ключевые слова: фотосинтез, флуоресценция, пигменты, высотный градиент

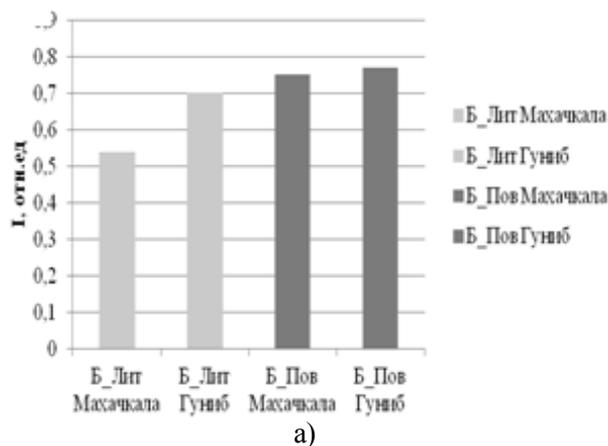
Большое экотипическое разнообразие растений в высокогорных районах связано с высотой, увлажнением, экспозицией и крутизной склона, что предполагает разнообразие адаптивных изменений как на уровне морфологических и структурных параметров, так и основных физиологических функций. Поскольку эффективность первичных процессов фотосинтеза является индикатором состояния растений на воздействия окружающей среды, мы провели флуоресцентные исследования фотосинтетической активности листьев берез, в зависимости от градиента высотности.

Объектом исследования служили березы повислая (*Betula pendula* Roth.) и Литвинова (*Betula litwinowii* Doluch.), произрастающих на территориях Гунибской экспериментальной базы Горного ботанического сада ДНЦ РАН на высоте 1800 м над уровнем моря и парковой городской зоне г. Махачкалы 28 м ниже уровня моря). Исследования проводились в вегетационный период 2011-2012 гг. Листовые пластинки березы собирали в мае-июне у деревьев примерно одного возраста. Отбор проб для определения пигментов в каждом варианте опытов проводились в семикратной повторности. Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов) определяли общепринятым методом абсорбционной спектрофотометрии (СФ-26, СФ-46). Для экстракции пигментов использовали 80%-ный ацетон [1]. Концентрацию хлорофилла *a* и *b* определяли по формуле G. Mac-Kinney, каротиноидов – Н.К. Lichtenthaler [2]. Содержание пигментов выражали в мг/г сырой массы листовых пластинок. Параметры флуоресценции хлорофилла *a*

листьев измеряли с помощью флуориметра MINI-PAM (Pulse Amplitude Modulation) Heinz Walz GmbH, (Германия). Измерения проводили на четвертом листе ветвей нижнего яруса. Для измерений использовали не менее 10 побегов, срезанных с разных ветвей нижнего яруса деревьев.

В ходе экспериментов регистрировали следующие параметры флуоресценции: *F* – квантовый выход флуоресценции хлорофилла, измеренный перед последним насыщающим импульсом света; *Fm* – максимальная флуоресценция хлорофилла измеренная во время действия последнего насыщающего светового импульса, восстанавливающей первичные хинонные акцепторы QA до QA; *Y* – максимальный квантовый выход фотосинтеза. Статистический анализ полученных данных проводили с использованием стандартных пакетов Microsoft Excel и Statistica 6.

Результаты и их обсуждение. Флуоресцентные исследования показали, что квантовые выходы флуоресценции (*F*) и максимальной флуоресценции (*Fm'*) произрастающих в городе берез ниже, чем у тех, что растут в Гунибе (рис. 1). Уменьшение *Fm'* может свидетельствовать либо об усилении фотохимических реакций, либо об увеличении безизлучательных потерь световой энергии (в виде тепловой диссипации), которое может рассматриваться как фотопротекторная реакция.



Пиняскина Елена Владимировна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической биофизики. E-mail: elpin1@rambler.ru
 Маммаев Абдурахман Татаевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией экологической биофизики. E-mail: eroha@yandex.ru
 Магомедова Милана Хан-Магомедовна, научный сотрудник лаборатории экологической биофизики
 Алиева Мисиду Юсуповна, научный сотрудник лаборатории экологической биофизики

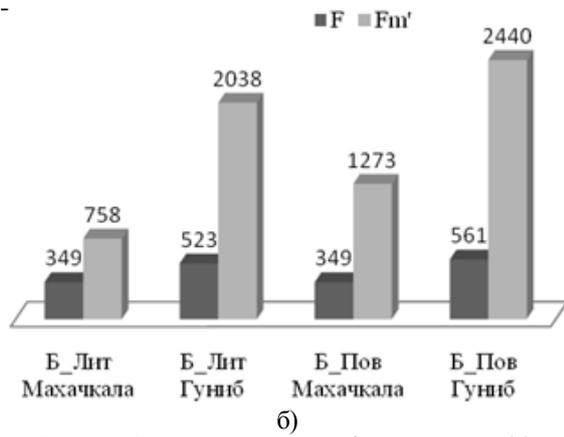


Рис. 1. Квантовый выход фотосинтеза (а), квантовый выход флуоресценции (F) и максимальной флуоресценции (Fm') (б)

Эффективность фотохимического преобразования энергии в ФС2 (квантовый выход фотосинтеза) (Y) достигает 0,7 (*B. pendula*, Махачкала) и 0,77 (*B. pendula*, Гуниб). Максимально возможная величина отношения Y для функционирующих хлоропластов листьев теоретически равна 0,82, в природных же условиях для листьев растений, находящихся в хорошем физиологическом состоянии, она приближается к 0,80 [3].

Абсорбция света листьями при фотосинтетической фиксации CO₂ зависит от концентрации хлорофилла. По-видимому, на большой высоте интенсивный фон УФ-радиации и высокая инсоляция негативно влияют на функциональную активность хлоропластов. В субальпийской зоне уменьшение содержания фотосинтетических пигментов приводит к ослаблению активности потенциального фотосинтеза. Выявлено уменьшение содержания хлорофиллов по высотному профилю, что связано, вероятно, с ограничением их биосинтеза при низкой температуре и деструкцией (Гунибское плато, где проводились измерения,

характеризуется континентальным климатом с резкими суточными перепадами температур см. рис .2), а также процессами фотовыцветания пигментов из-за жесткого светового режима и других неблагоприятных факторов.

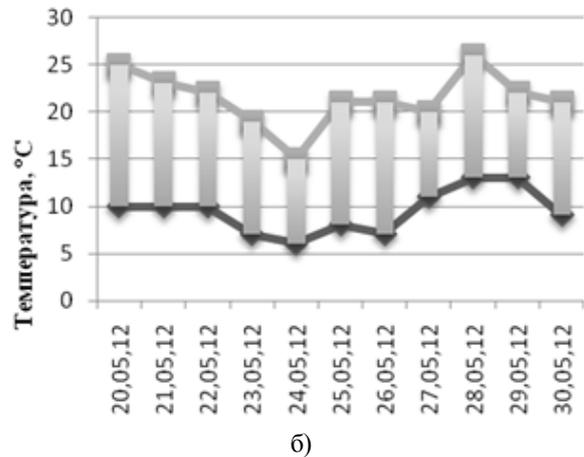
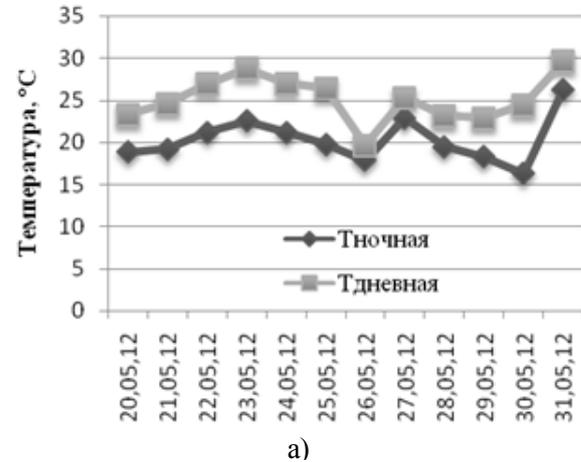


Рис. 2. Дневные и ночные температуры: (а) – Махачкала, (б) – Гуниб

Таблица 1. Содержание фотосинтезирующих пигментов

Фотосинтез. пигменты, мг/г	Место наблюдения			
	Б_Лигт_Махачкала	Б_Лигт_Гуниб	Б_Пов_Махачкала	Б_Пов_Гуниб
A _a	0,18	0,10	0,18	0,11
A _b	0,11	0,05	0,13	0,05
A _{кар}	0,02	0,03	0,01	0,02
A _{a/b}	1,64	2,00	1,38	2,20

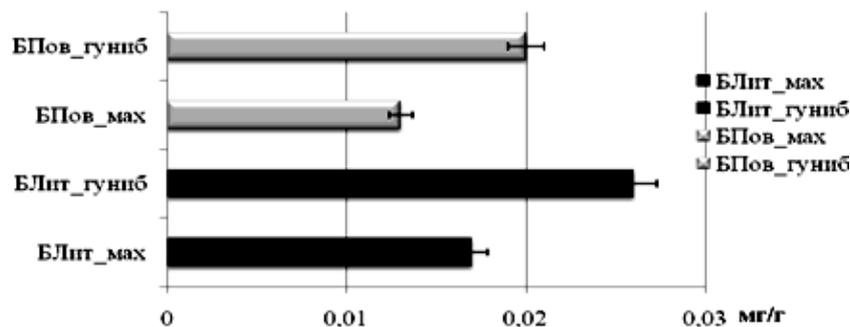


Рис. 3. Содержание каротиноидов

Следует отметить, что содержание фотосинтетических пигментов в листьях на всех пробных площадях в горных условиях было значительно ниже по сравнению с деревьями, произрастающими в парковой зоне г. Махачкалы. На развитие фотосинтетического аппарата у деревьев, произрастающих в горах, оказывает влияние целый комплекс факторов, и одним из определяющих является температурный. Средняя летняя температура в Гунибе + 18°C, средняя зимняя температура – 4°C, в Махачкале – +28°C и +1,7°C, соответственно. Полученные экспериментальные данные согласуются с литературными [4]. Показано [5], что снижение содержания хлорофилла, увеличение количества хромосомных aberrаций, повышение содержания антиоксидантов связано с воздействием озона. Соотношение хлорофилла *a/b* у Гунибских образцов выше, чем у городских (см. табл. 1), и является адаптивным признаком у высотных растений к интенсивной инсоляции. Зафиксированное нами увеличение доли каротиноидов в пигментном комплексе берез, произрастающих на высоте 1800 м над ур. м., связано с защитной функцией – предотвращением фотоповреждений – уменьшением степени окислительного стресса, индуцированного УФ радиацией (рис. 3).

Выводы: установлено, что с увеличением высоты произрастания берез Повислой и Литвинова:

- квантовые выходы флуоресценции (F) и максимальной флуоресценции (Fm') «городских» берез ниже Гунибских;
- снижается общее содержание хлорофиллов *a* и *b*, что связано с высокой инсоляцией,

температурным ограничением биосинтеза, а также процессами фотовыцветания пигментов;

- увеличивается содержание каротиноидов, что связано с защитной функцией;

- увеличивается соотношение хлорофилла *a/b*, что является адаптивным признаком у высотных растений к интенсивной инсоляции.

Изменение структурных, физиолого-биохимических и биофизических реакций исследуемых растений связано с высотным градиентом и является следствием действия совокупности абиотических факторов.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН № 30 «Живая природа: современное состояние и проблемы развития».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. 253 с.
2. Lichtenthaler, H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes // *Methods in enzymology*. 1987. 148. P. 350-382.
3. Венедиктов, П.С. Использование флуоресценции хлорофилла для контроля физиологического состояния зеленых насаждений в городских экосистемах / П.С. Венедиктов, С.Л. Волгин, Ю.В. Казимирко и др. // *Биофизика*. 1999. Т. 44, вып. 6. С. 1037-1047.
4. James, J.C. Growth and photosynthesis of *Pinus sylvestris* at its altitudinal limit in Scotland / J.C. James, J. Grace, S.P. Hoad // *Journal of Ecology*. 1994. 82. P 297-306.
5. Tausz, M. Physiologische Methoden als Ergänzung zur Strepdiagnose an Fichten / M. Tausz, M. Muller, E. Bermadinger-Stabentheier, D. Grill // *Osterr Forstztg*. 1995. 106, № 11: S. 38-49.

RESEARCH THE PLANTS PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY DEPENDING ON THE HIGH-RISE GRADIENT

© 2013 E.V. Pinyaskina, A.T. Mammayev, M.X-M. Magomedova, M.Yu. Alieva

Pre-Caspian Institute of Biological Resources DSC RAS, Makhachkala

Studied the fluorescent characteristics and quantitative characteristics of photosynthetic pigmentary complex in leaves of birches (*Betula pendula* Roth. and *Betula litwinowii* Doluch), growing at the heights of - 28 and 1800 m above sea level. Reduction of the maintenance of chlorophyll *a* on the high-rise profile that we connect with intensive insolation in mountains, their destruction in extreme environment – dispersion of daytime and night time temperatures, high level of ultra-violet radiation is revealed. The increase in maintenance of carotenoids on high-rise gradient is noted.

Key words: *photosynthesis, fluorescence, pigments, high-rise gradient*

Elena Pinyaskina, Candidate of Biology, Leading Research Fellow
at the Ecological Biophysics Laboratory. E-mail: elpin1@rambler.ru

Abdurahman Mammaev, Candidate of Biology, Chief of the
Ecological Biophysics Laboratory. E-mail: epoha@yandex.ru

Milana Magomadova, Research Fellow at the Ecological Biophysics
Laboratory

Misidu Alieva, Research Fellow at the Ecological Biophysics Laboratory