

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ

© 2014 М.Ю. Алиева, А.Т. Маммаев, М.Х.-М. Магомедова, Е.В. Пиняскина

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, г. Махачкала

Поступила в редакцию 29.04.2014

Изучалась эффективность фотосинтеза древесных растений на основе анализа флуоресцентных характеристик листьев (квантовый выход флуоресценции F , максимальная флуоресценция F_m , квантовый выход фотосинтеза Y) и соотношение пигментов в зависимости от уровня транспортной нагрузки в городской экосистеме. Определена зависимость степени угнетения фотосинтетической активности листьев деревьев, произрастающих на участках с высоким загрязнением выбросами автотранспорта, от видовых характеристик.

Ключевые слова: фотосинтез, флуоресценция, древесные растения, выбросы, автотранспорт

Одной из актуальных экологических проблем городов является увеличение выбросов автотранспорта (тяжелых металлов, полиароматических углеводородов, оксида углерода, азота, серы, сажи и др.) в атмосферу, что способствует нарушению биотического круговорота, наносит ущерб здоровью населения, флоре, фауне, снижает устойчивость и продуктивность природных и природно-антропогенных экосистем. В городах с относительно менее развитой промышленностью (Махачкала и др.) доля от совокупных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 80-90% приходится на выхлопные газы [1]. Мониторинговые исследования атмосферного воздуха на стационарных постах г. Махачкалы вблизи автомагистралей в районе жилой застройки на пр. Шамиля, пр. Гамзатова свидетельствуют о высоком уровне загазованности атмосферного воздуха. Среди отобранных проб 61,1% были с превышением ПДК взвешенных веществ, азота диоксида, свинца, окиси азота, оксида углерода [2]. Наибольший вред приносит

автотранспорт, работающий на этилированном бензине. Такой бензин содержит примеси свинца в качестве антидетонатора и становится причиной загрязнения городской среды свинцом [3].

Фотосинтез является одним из самых чувствительных физиологических процессов к действию любых экологических и антропогенных факторов. Кислые газы вызывают вначале слабое подавление, затем активацию и далее устойчивое подавление фотосинтеза [4]. Быстро оценить величину токсического воздействия на растительный организм можно на основе регистрации показателей интенсивности флуоресценции хлорофилла (ИПФ). С этой целью нами была изучена возможность применения ИПФ в качестве оперативного показателя состояния листьев древесных растений произрастающих на территориях с различной степенью транспортной нагрузки.

Методика. Измерение параметров флуоресценции проводилось на портативном хлорофилл-флуориметре MINI-PAM Yeinz Walz GmbH (Германия) разработанном для быстрой и достоверной оценки квантового выхода фотохимического преобразования энергии в процессе фотосинтеза. Потенциальный квантовый выход фотохимического превращения энергии рассчитывали с помощью уравнения предложенного Дженти (Genty) с соавторами в 1989 г.:

$$YIELD = (F_m' - F) / F_m' = \Delta F / F_m'$$

Объекты исследования – древесные растения: Робиния псевдоакация (*Robinia pseudo-acacia*), Платан восточный (*Platanus orientalis*)

Алиева Мисиду Юсуповна, научный сотрудник лаборатории экологической биофизики. E-mail: misidunika@mail.ru

Маммаев Абдурахман Татаевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией экологической биофизики. E-mail: epocha09@mail.ru

Магомедова Милана Хан-Магомедовна, научный сотрудник лаборатории экологической биофизики. E-mail: milan-rom@mail.ru

Пиняскина Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической биофизики. E-mail: elpin1@rambler.ru

L.), Тополь черный (*Populus nigra* L.) и Береза повислая (*Bétula péndula*). Изучались виды растений, наиболее часто используемые в г. Махачкале в составе различных экологических категорий насаждений: магистральные посадки на проспекте им. Имама Шамиля, перекрестке проспекта Гамзатова и ул. Ярагского. Питомниковая зона парка им. Ленинского комсомола выбрана в качестве площадки условного контроля. На каждой пробной площади были выбраны визуально неповрежденные деревья, находящиеся в одинаковых условиях освещенности и увлажнения. Изучались особи примерно одного возраста, измерения флуоресцентных показателей и отбор проб проводился в один и тот же день (для соблюдения идентичности метеорологических условий) в утренние часы. Работы проводились в периоды вегетационной и физиологической активности древесных растений 2011-2013 г. Измерения ИПФ и отбор проб для определения пигментов в каждом из вариантов опытов проводились в 7-и кратной повторности. Спектрофотометрический анализ ацетонового экстракта пигментов (хлорофилла а, b и каротиноидов) проводился на спектрофотометре СФ-46. Концентрацию определяли по формуле Н.К. Lichtenhaler (1987 г.) [5]. Математическую обработку материалов провели с применением статистического пакета «Statistica 6».

Результаты исследования. Условия жизнедеятельности растительного организма оказывают влияние на процессы его метаболизма, и в том числе на первичные стадии фотосинтеза. У растений развивается особое состояние – фито-стресс в результате того, что в среде складывается ситуация, отличная от природной фоновой, затрудняющая естественное существование организма. Исследования показали, что у изученных пород деревьев показатели флуоресценции листьев по-разному реагируют на уровень техногенного загрязнения воздушной среды в местах произрастания. Так, величина квантового выхода флуоресценции листьев (F) робинии и платана, произрастающих на опытном участке незначительно выше по сравнению с контрольными образцами, тогда как этот показатель у тополя значительно выше у образца, произрастающего на контрольном участке (рис. 1). Показатели максимальной флуоресценции (Fm) у *Robinia pseudoacacia* и *Platanus orientalis* на обоих участках почти идентичны тогда, как у *Populus nigra* L. интенсивность Fm выше на 41% у образцов, произрастающих на опытном участке. Обратная картина у *Bétula péndula*, показатель Fm незначительно выше (на 21%) у образцов с контрольного участка.

Интенсивность квантового выхода фотосинтеза (Y(II)) Робинии псевдоакамии и Платана

восточного для образцов, произрастающих на участках с различной степенью загрязнения, отличается незначительно, хотя нужно отметить тенденцию к снижению интенсивности Y(II) у образцов с опытного участка (рис. 2). Робиния псевдоакация демонстрирует устойчивость к загрязняющим факторам среды, что обусловлено ее видовыми характеристиками.

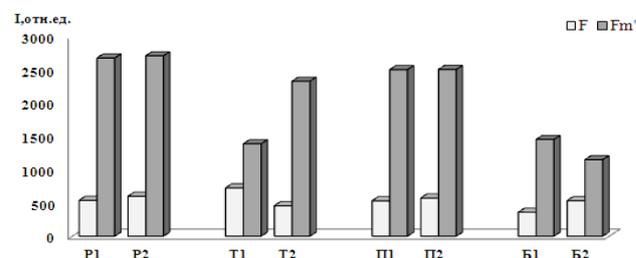


Рис. 1. Квантовый выход флуоресценции (F) и максимальная флуоресценция (Fm) листьев (P) *Robinia pseudoacacia*, (П) *Platanus orientalis* L., (Т) *Populus nigra* L. и (Б) *Bétula péndula*, произрастающих в различных по загрязненности зонах на территории г. Махачкалы (1 – питомниковая зона парка, 2 – перекресток)

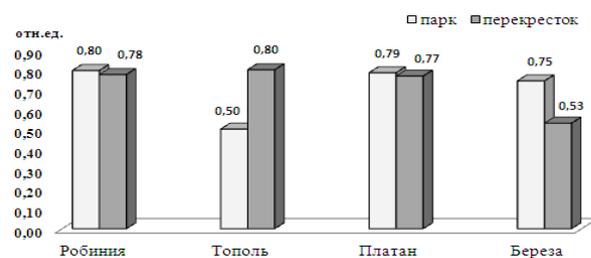


Рис. 2. Фотосинтетическая активность листьев Y(II) *Robinia pseudoacacia*, *Platanus orientalis* L., *Populus nigra* L. и *Bétula péndula*, произрастающих в различных по загрязненности зонах на территории г. Махачкалы

Показатель фотосинтетической активности хлоропластов листьев теоретически равен 0,82 отн.ед., в природных условиях для листьев находящихся в хорошем физиологическом состоянии она приближается к 0,8. Из полученных данных видно, что некоторые образцы исследованных нами видов г. Махачкалы находится в относительно хорошем состоянии. В экологически благоприятной питомниковой зоне парка показатель Y(II) находится в пределах 0,799-0,747. В неблагоприятной по показателям загрязненности зоне на перекрестке эти показатели составляют 0,779-0,533. Наиболее значимое уменьшение этого показателя отмечено у березы (рис. 2). Помимо повышения загрязнителей атмосферы здесь могли сказаться и такие факторы как дефицит минерального питания, водный и температурный стресс. Фотосинтетический аппарат березы в

климатических условиях г. Махачкала, возможно, является более чувствительным к стрессовым факторам.

При сравнительном анализе содержания ХЛ а и ХЛ б в листьях исследуемых видов необходимо отметить, что количество хлорофилла а во всех исследуемых образцах было несколько выше чем ХЛ б. Исключение составляет робиния, произрастающая в парковой зоне у которой эти значения одинаковы. При сравнении образцов произрастающих на территориях с различной степенью транспортной нагрузки отмечено незначительное повышение содержания ХЛ а и ХЛ б на опытных участках, что может быть связано с дефицитом влаги в листьях растений находящихся в неблагоприятных условиях. Из анализа содержания каротиноидов в листьях исследованных видов следует, что у тополя черного и робинии псевдоакация этот пигмент обнаружен в следовых количествах в отличие от березы повислой (рис. 3). Некоторыми авторами отмечалось, что в листьях березы при развитии в экстремальных лесорастительных условиях отмечается увеличение суммы пигментов за счет каротиноидов и хлорофилла б, при этом содержание хлорофилла а сокращается [6, 7]. В наших исследованиях это характерно для образцов с обеих изучаемых площадок. Возможно для березы дополнительным экстремальным условием является высокий температурный режим региона вследствие чего, концентрация каротиноидов выполняющих защитную функцию возрастает. Прямой корреляции между содержанием хлорофилла а в листьях протестированных нами деревьев и их фотосинтетической активностью на данном этапе исследования нами не зафиксировано. Это может быть связано с невысокой степенью загрязненности, которая еще не оказала разрушающее действие на структуру хлоропластов, но уже повлияла на флуоресцентные характеристики фотосинтетического аппарата столь чувствительного к изменениям условий среды.

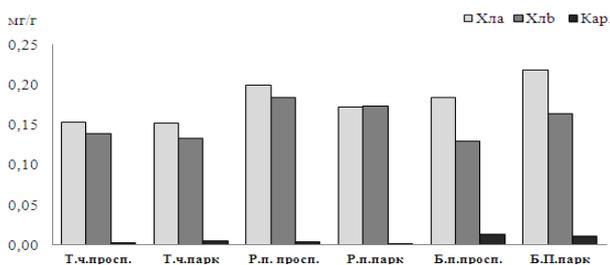


Рис. 3. Содержание хлорофилла (a,b) и каротиноидов в листьях *Robinia pseudoacacia* (Р.п.), *Populus nigra* L.(Т.ч.) и *Betula péndula* (Б.п.), произрастающих в различных по загрязненности зонах на территории г. Махачкалы (просп. – проспекты им. Шамиля и Гамзатова, парк – питомниковая зона парка)

Выводы: изучение физиологического состояния робинии псевдоакация (*Robinia pseudoacacia*), Платана восточного (*Platanus orientalis* L.), Тополя черного (*Populus nigra* L.) и Березы повислой (*Bétula péndula*), произрастающих в районах с различной степенью транспортной нагрузки г. Махачкалы, проводилось с помощью метода оценки флуоресцентных характеристик. Нами отмечено, что:

- показатели интенсивности квантового выхода фотосинтеза у листьев деревьев произрастающих в благоприятных условиях были в пределах 0,799-0,747, что свидетельствует о хорошем физиологическом состоянии;
- наиболее чувствительным к стрессовым факторам видом оказалась береза. У ее образцов произрастающих на опытном участке с высокой степенью загазованности и содержания ТМ в почве, отмечено наименьшее значение показателя фотосинтетической активности (0,533);
- наибольшую устойчивость к неблагоприятным факторам в нашем исследовании показали такие виды, как робиния псевдоакация и платан восточный. Флуоресцентные показатели этих видов на опытных участках мало отличались от контрольных.
- метод оценки флуоресцентных показателей может быть применен для сравнительной оценки состояния зеленых насаждений и оперативного экологического мониторинга городской среды

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Смуров, А.В. Современное состояние атмосферного воздуха / А.В. Смуров, В.В. Снакин, Н.Г. Комарова // Экология России. Учебное издание. 2012. С. 12-33.
2. Доклад Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Дагестан, 2006-2013 гг. <http://www.dagros.ru>
3. Амирханова, Н.А. Влияние комплекса природно-климатических и антропогенных факторов на загрязнение атмосферы в городе Махачкала. Научный биологический блог / Н.А. Амирханова, Н.Р. Закуева. <http://shmain.ru/nauchnye-stati/html>
4. Неворова, О.А. Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты / О.А. Неворова, Е.Ю. Колмогорова. – Новосибирск: Наука, 2003. 222 с.
5. Lichtenthaler, H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in enzymology, 1987. 148. Pp. 350-382.
6. Майдебура, И.С. Влияние загрязнения воздушного бассейна города Калининграда на анатомо-морфологические и биохимические показатели древесных растений: автореф. дис. к-та биол. наук. – Калининград, 2006. 22 с.
7. Кулагин, А.А. Реализация адаптивного потенциала древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях: автореф. дис. д-ра биол. наук. – Уфа-Гольяты, 2006. 32 с..

STUDYING THE PARAMETERS OF WOODY PLANTS CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN CONDITIONS OF VARIOUS TRANSPORT LOADING

© 2014 M.Yu. Aliyeva, A.T. Mammayev, M.H.-M. Magomedov, E.V. Pinyaskina

Pre-Caspian Institute of Biological Resources DSC RAS, Makhachkala

Effectiveness of woody plants photosynthesis was studied on the basis of fluorescent characteristics of leaves analysis (quantum yield of fluorescence F , maximal fluorescence F_m , a quantum yield of photosynthesis Y) and ratio of pigments depending on level of transport loading in a city ecosystem. Dependence of extent the depressing of photosynthetic activity of leaves of the trees growing on sites with high pollution by emissions of motor transport, on specific characteristics is defined.

Key words: *photosynthesis, fluorescence, woody plants, emissions, motor transport*

Misidu Aliyeva, Research Fellow at the Ecological Biophysics Laboratory. E-mail: misidunika@mail.ru
Abdurakhman Mammaev, Candidate of Biology, Chief of the Ecological Biophysics Laboratory. E-mail: epoha09@mail.ru
Milana Magomedova, Research Fellow at the Ecological Biophysics Laboratory. E-mail: milan-rom@mail.ru
Elena Pinyaskina, Candidate of Biology, Associate Professor, Leading Research Fellow at the Ecological Biophysics Laboratory. E-mail: elpin1@rambler.ru