

ИЗМЕНЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЛИСТЬЕВ ПЛАТАНА И КАТАЛЬПЫ К ТЕМПЕРАТУРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА

Н.Г. Акиншина, А.А. Азизов

Национальный Университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан, n.akinshina@yahoo.com

Аннотация. Представлены результаты изучения воздействия температур 17, 27, 37 и 42 °С на показатели скоростей темнового дыхания и видимого фотосинтеза молодых и зрелых листьев Платана клёнолистного (*Platanus acerifolia* (Wild.) Loud.) и Катальпы бигнониевой (*Catalpa bignonioides* Walt.) в Ташкенте. Рассчитаны индексы кислородного баланса указанных пород в данных условиях. Показано, что в процессе созревания происходит адаптация дыхательной и фотосинтетической систем листа к экстремально высоким температурам.

Ключевые слова: темновое дыхание, видимый фотосинтез, лист, адаптация, температурное воздействие

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-50-54

Температура является одним из важнейших факторов, регулирующих жизнь и развитие растений. Вегетация растений в аридных и семиаридных зонах происходит на фоне достаточно высоких, часто экстремальных температур, которые оказывают стрессовое воздействие на живые организмы. Жаростойкость, устойчивость к высоким температурам, относятся к основным экологическим свойствам растений, выращиваемых в подобных условиях.

Клеточные системы, связанные с обеспечением фотосинтеза и дыхания, являются первичными мишенями воздействия температурного стресса [Allakhverdiev et al., 2008]. Информация о температурной зависимости дыхания и фотосинтеза у различных растений весьма противоречива. В данной работе изучена реакция этих ключевых физиологических процессов на изменения температуры на разных стадиях развития листа (молодого и зрелого) у Платана клёнолистного (*Platanus acerifolia* (Wild.) Loud.) и Катальпы бигнониевой (*Catalpa bignonioides* Walt.), широко используемых в озеленении городов Узбекистана.

Отбор образцов проводили в начале активного периода вегетации 2017 года (апрель, май, июнь) на территории парковой зоны Национального университета Узбекистана (Ташкент), в утреннее время (8:00-8:30 утра), отбирали листья с 3-4 междоузлия веток на высоте примерно два метра, в условиях небольшого притенения. Скорости темнового дыхания и видимого фотосинтеза листьев измерялись в лабораторных условиях на приборе PlantVital_5030 (INNO-Concept GmbH, Германия) при помощи электрохимического кислородного сенсора MF 41-INN (SensortechNIK Meinsberg, Германия); температура измерения 17, 27, 37 и 42 °С. Измерение длилось 20-25 минут. Освещение измеряемой пробы осуществлялось с помощью люминесцентного диода, работающего в области красного спектра (635-650 нм) [Azizov et al., 2015]. Индекс кислородного баланса рассчитывался как отношение скорости чистой продукции кислорода к скорости потребления его в темноте [Акиншина и др., 2008].

Выявлено, что скорости дыхания и чистой продукции кислорода меняются с возрастом листа. Отмечается снижение скоростей дыхания у листьев обеих древесных пород в период с апреля по июнь (рис. 1). Максимальная скорость дыхания наблюдается на ранних фазах развития листа, причем, известно, что её величина коррелирует со скоростью роста и содержанием белка. Так, у платана скорости темнового дыхания в апреле (у совсем молодых, только формирующихся листьев) при

диапазоне температурного воздействия от 17 до 42 °С составляли в среднем 0,151 мкмоль O₂/(дм²·с), а в июне у зрелых листьев среднее значение этого показателя при аналогичных температурах равнялось 0,055 мкмоль O₂/(дм²·с). Молодые листья катальпы в апреле потребляли кислород в процессе темнового дыхания при температурах от 17 до 42 °С со средней скоростью 0,260 мкмоль O₂/(дм²·с), а в июне – 0,053 мкмоль O₂/(дм²·с). То есть с апреля по июнь скорости темнового дыхания листьев *Platanus acerifolia* уменьшились примерно в 3 раза, а у *Catalpa bignonioides* – в 4 раза.

Показатели скорости чистой продукции кислорода, наоборот, возрастают в процессе созревания листьев и формирования внутритканевых систем в них. Скорости видимого фотосинтеза молодых листьев *P. acerifolia* в апреле при температурах от 17 до 42 °С составляли в среднем 0,079 мкмоль O₂/(дм²·с), в мае этот показатель увеличивался до 0,125 мкмоль O₂/(дм²·с) и в июне был примерно 0,344 мкмоль O₂/(дм²·с). То есть в процессе созревания листа платана средняя скорость чистой продукции кислорода с единицы поверхности выросла примерно в 4 раза. У катальпы аналогичный усреднённый показатель равнялся в апреле, мае и июне соответственно 0,093, 0,159 и 0,196 мкмоль O₂/(дм²·с); за три месяца скорость чистой продукции кислорода увеличилась в 2,1 раза.

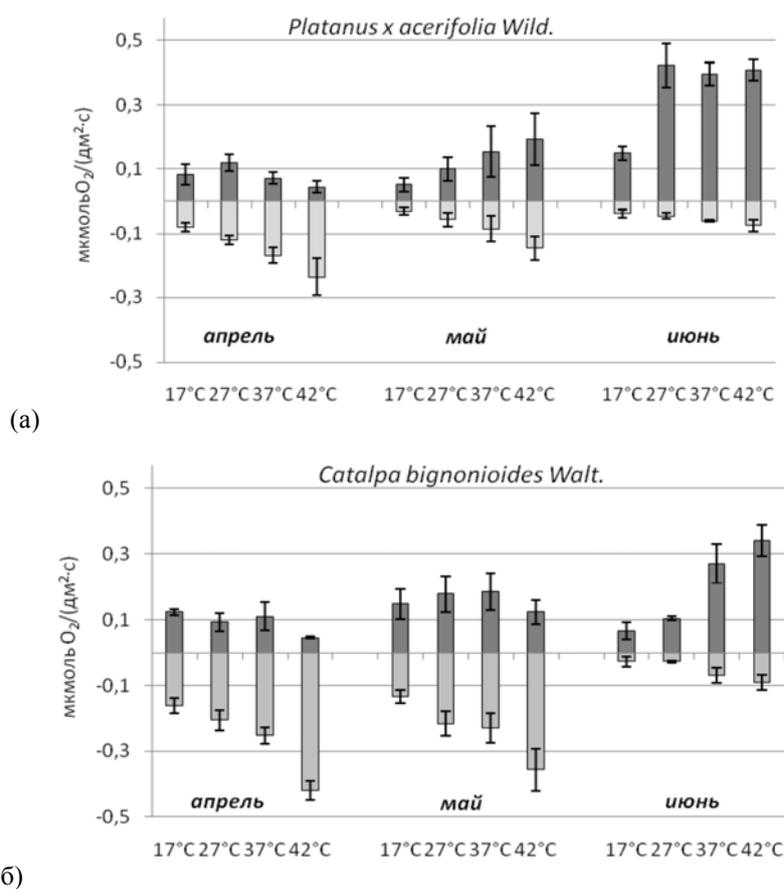


Рис. 1. Скорости видимого фотосинтеза и дыхания в темноте листьев Платана клёнолистного (*Platanus acerifolia* Wild.) (а) и Катальпы бигнониевой (*Catalpa bignonioides* Walt) (б) (Ташкент, 2017 г.).

Следует отметить, что интенсивность дыхания молодых листьев *C. bignonioides* выше примерно в 2 раза аналогичного показателя листьев *P. acerifolia* в тот же период. Зрелые листья указанных пород потребляют кислород примерно с одинаковой скоростью. Скорости видимого фотосинтеза у молодых листьев исследуемых пород (в

апреле) примерно равны. У сформированных (зрелых) листьев платана в июне процесс чистой продукции кислорода в диапазоне температур от 17 до 42 °С происходит с более высокой скоростью, чем у катальпы (в среднем примерно на 76% выше).

Обнаружена прямая корреляция между температурой воздействия и скоростью темнового дыхания листьев изученных пород деревьев. С ростом температуры в окружающей среде увеличивается скорость потребления кислорода листом. Несмотря на то, что подобные тенденции характерны и для молодых, и для зрелых листьев платана и катальпы, в разные периоды онтогенеза реакции данного физиологического показателя в ответ на температурные воздействия специфичны. Так, если считать 27 °С контрольной температурой, то в результате понижения температуры до 17 °С скорости темнового дыхания молодых листьев платана и катальпы уменьшились соответственно на 34 и 18%; а у зрелых листьев эти показатели достоверно не изменились. Под воздействием высокой температуры 42 °С скорости дыхания молодых листьев платана и катальпы увеличились примерно в 2 раза; зрелых, соответственно, – на 64% и в 3 раза.

Изменения скоростей видимого фотосинтеза листьев изученных декоративных пород в ответ на температурные воздействия видоспецифичны, а также зависят от стадии зрелости листа. У молодых листьев платана и катальпы (в апреле) фотосинтетический аппарат листа не проявлял достоверных реакций на снижение температуры от 27 °С до 17 °С, скорости видимого фотосинтеза не менялись. В ответ на повышение температуры до 42 °С данный показатель снижался у молодых листьев платана на 64%, у катальпы – на 50%. В мае скорости видимого фотосинтеза листьев обеих пород под воздействием температур 37 °С и 42 °С достоверно не отличались от контроля (27 °С). При 17 °С скорость чистой продукции листьев платана снижалась в 2 раза, у катальпы изменений не наблюдалось. У зрелых листьев платана в июне фотосинтетический аппарат работает при температурах 27, 37 и 42 °С стабильно хорошо, скорость чистой продукции не ингибируется и сохраняется на высоком уровне примерно 0,40 мкмоль O₂/(дм²·с). Скорости видимого фотосинтеза листьев катальпы при температурах 37 °С и 42 °С также оставались стабильно высокими, около 0,30 мкмоль O₂/(дм²·с).

Интересно отметить, что в апреле при средней температуре воздуха в Ташкенте 19-25 °С скорости фотосинтеза и дыхания листьев платана и катальпы более чувствительны к действию экстремально высокой температуры 42 °С, а под действием температур в диапазоне 17-27 °С показатели интенсивности этих физиологических процессов не меняются. В июне, при средней температуре в городе 35-40 °С, устойчивость систем дыхания и фотосинтеза к повреждающему действию экстремальной температуры 42 °С, наоборот, повышается. А воздействие необычной для данного периода температуры в 17 °С воспринимается клеточными системами листьев растений, как стресс, что проявляется в снижении скорости фотосинтеза.

На рис. 2 представлены индексы кислородного баланса (ИКБ) изученных декоративных пород. Этот показатель объективно характеризует соотношение процессов продукции и потребления кислорода листом, отражая, в том числе, общее состояние растения в конкретных условиях обитания или определённой фазе онтогенеза.

Данный индекс видоспецифичный, экологически лабильный и зависит от возраста листа. У молодых листьев (в апреле) в связи с интенсивным ростом и высоким уровнем энергетических затрат преобладают процессы дыхания и синтеза АТФ, что сопровождается низкими значениями ИКБ. В закончивших рост зрелых клетках листа дыхание ограничивается фосфат-акцепторным контролем, который тормозит дыхательные превращения, при этом интенсивность фотосинтеза становится гораздо

выше и наблюдаются высокие ИКБ. Так, у листьев платана средние значения индекса (рассчитанные как отношения скоростей чистой продукции кислорода к соответствующим скоростям темнового дыхания, измеряемые под воздействием температур от 17 до 42 °С) в апреле, мае и июне составляли соответственно 0,66; 1,64 и 6,31. У катальпы – 0,45; 0,78 и 3,72.

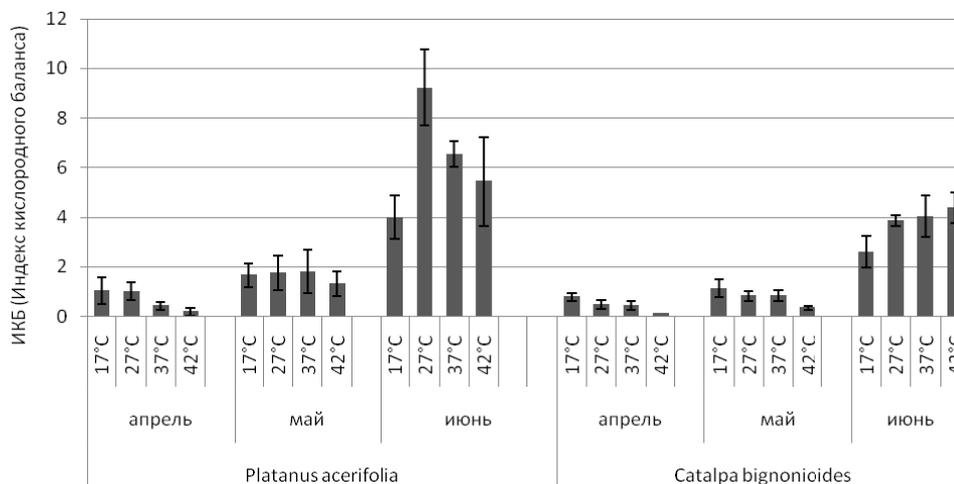


Рис. 2. Показатели индексов кислородного баланса листьев Платана клёнолистного (*Platanus acerifolia* Wild.) и Катальпы бигнониевой (*Catalpa bignonioides* Walt) (Ташкент, 2017 г.).

Рассчитанные на стадии зрелых листьев при разных температурах воздействия ИКБ позволяют делать обоснованные выводы не только о потенциальной фотосинтетической активности растений, но и о температурном оптимуме или о стрессовых значениях температуры для конкретной породы. Так, например, показатели ИКБ у катальпы (*C. bignonioides*) при 27, 37 и 42 °С достоверно не отличались, что свидетельствует о высокой жаростойкости вида. Для платана клёнолистного (*P. acerifolia*) температура 27 °С, скорее всего, является оптимальной, хотя, при высоких температурах 37 °С и 42 °С процессы фотосинтеза сохранялись на устойчиво высоком уровне при активации дыхания. Можно заключить, что клеточные системы зрелых листьев платана и катальпы, обеспечивающие фотосинтез и дыхание, достаточно хорошо адаптированы к действию экстремально высоких температур.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства инновационного развития РУз (проект БВ-М-Ф-5-001).

Литература

Allakhverdiev S.I., Kreslavski V.D., Klimov V.V., Los D.A., Carpentier R., Mohanty P. Heat stress: an overview of molecular responses in photosynthesis // *Photosynth Res.* – 2008. – V. 98. – P. 541–550.

Azizov A., Tauschke M., Lentzsch P. et al. Verfahren zur bewertung der vitalität chlorophylltragender biologischer proben. Deutsches Patentant. DE 112006000480. IPC: G01N 33/483. INNO-Concept GmbH, Strausberg, DE. Anmeldung 06.03.2006. Veröffentlichung 30.04.2015.

Акиншина Н.Г., Азизов А.А., Карасёва Т.А., Клозе Э. Новые возможности в оценке состояния растений // *Сибирский экологический журнал.* – 2008. – № 2. – С. 249–254.

LEAF SENSITIVITY CHANGES OF LONDON PLANE AND CATALPA IN DIFFERENT ONTOGENESIS STAGES UNDER TEMPERATURE IMPACTS

N.G. Akinshina, A.A. Azizov

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan,
n.akinshina@yahoo.com

Abstract. Study of dark respiration and visible photosynthesis rates of young and mature leaves of London plane (*Platanus acerifolia* (Wild.) Loud.) and Catalpa (*Catalpa bignonioides* Walt.) under different temperatures (17, 27, 37 and 42 °C) in Tashkent city is presented. Oxygen balance indices of the plant species under the same conditions were calculated. It was shown that respiratory and photosynthetic systems of the plant leaves are able to adaptation to extreme temperatures as a result of maturing.

Keywords: *dark respiration, visible photosynthesis, leaf, adaptation, temperature effect*