

ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПОТОМСТВА ПОЛУСИБСОВЫХ СЕМЕЙ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ЗАСУХУ

А.А. Попова¹, В.Т. Попова¹, П.М. Евлаков¹, К.А. Шестибратов²

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: logachevaaa@rambler.ru

² Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова
Российской академии наук,
г. Пушкино, Россия, e-mail: schestibratov.k@yandex.ru

Аннотация. Выявление пределов изменчивости признаков и установление реакций на комбинацию факторов засухи и дефицита азота позволяет определить адаптивный потенциал семей по отношению к исследуемым факторам. В условиях вегетационного опыта были определены пределы изменчивости параметров фотосинтеза и активности ферментов окислительного стресса у 3х летних саженцев дуба черешчатого. Согласно полученным экспериментальным данным, опытные деревья разных семей существенно различаются не только по интенсивности фотосинтеза, но и по активации ферментов.

Ключевые слова. Дуб черешчатый, интенсивность фотосинтеза, ферменты окислительного стресса, потомство, плюсовые деревья.

LIMITS OF VARIABILITY OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL REACTIONS OF OFFSPRING OF SEMI-SIBERIAN FAMILIES OF BLACK OAK TREES TO DROUGHT

A.A. Popova¹, V.T. Popova¹, P.M. Evlakov¹, K.A. Shestibratov²

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: logachevaaa@rambler.ru

² Institute of Bioorganic Chemistry named after Academicians M.M. Shemyakin and Yu.A. Ovchinnikov of the Russian Academy of Sciences,
Pushchino, Russia, e-mail: logachevaaa@rambler.ru

Abstract. The identification of traits variability and reactions to a combination of factors of drought and nitrogen deficiency can determine the adaptive potential of trees in relation to the factors under study. In the conditions of the vegetation experiment, the limits of variability of photosynthesis parameters and the activity of oxidative stress enzymes in 3-year-old oak seedlings were determined.

According to the experimental data obtained, experimental trees of different families differ significantly not only in the intensity of photosynthesis, but also in the activation of enzymes.

Keywords: English oak, photosynthesis intensity, oxidative stress enzymes, offspring, plus trees.

Активность фотосинтетической системы древесных имеет ярко выраженную зависимость от транспирации листьев. Транспирация является важным и необходимым физиологическим процессом, обеспечивающим приспособление растений к различным условиям произрастания – защищает надземные органы от перегрева и обезвоживания в сухую и жаркую погоду, способствуя передвижению поглощённых корнями минеральных веществ из почвы вверх по растению и, как следствие, активному протеканию фотосинтеза [1,2]. Целью исследования является выявление изменчивости параметров транспирации и фотосинтеза и активности ферментов окислительного стресса в условиях воздействия засухи и дефицита азота среди семей – F2 потомства плюсовых деревьев дуба черешчатого.

Объектом исследования являлись 3х летние саженцы дуба черешчатого F2 потомства плюсовых деревьев дуба черешчатого. В условиях вегетационного опыта проводили изучение интенсивности видимого фотосинтеза, интенсивности транспирации в 2х вариантах (засуха и контроль), активности ферментов окислительного стресса в 4х вариантах опыта (контроль, засуха, дефицит азота, засуха + дефицит азота). Объем вегетационных сосудов – 2 л., в качестве субстрата использовали торф. Условия засухи имитировали выращиванием дуба при пониженной влагоемкости почвы. Этот показатель в контроле составлял $80 \pm 5\%$, в экспериментальном варианте – $45 \pm 5\%$. Недостаток азота имитировали его исключением из питания. Подкормку проводили еженедельно, 6 недель до начала засухи и продолжали в период засухи. Подкормку проводили двумя вариантами раствора Хогланда – с азотом и без. Определение параметров процессов транспирации и видимого фотосинтеза проводили с помощью портативной системы измерения газообмена растений CI-340 (CID Bioscience, США). Для определения активности ферментов использовали методики Dhindsa-1981-JExpBot-SOD (Chance-1955), Dhindsa-1981-JExpBot-SOD (Beauchamp-1971), Hammerschmidt-1982-ppp-POD [3-5].

Результаты измерения фотосинтетической активности и транспирации в изучаемых семьях представлена в таблице 1.

Интенсивность фотосинтеза является одним из главных показателей активности темновой фазы фотосинтеза. По экспериментальным данным, проведенных нами исследований, у изученных 3-х летних растений дуба черешчатого, испытывающих засуху, максимальная интенсивность фотосинтеза листьев варьировала от 9.3 до 16.8 $\mu\text{моль}/\text{м}^2/\text{с}$. Наибольшая величина отмечалась у растений, принадлежащих к семье 233.57 (16.8 ± 0.19 $\mu\text{моль}/\text{м}^2/\text{с}$), а наименьшая – у растений семьи 151.1 (9.3 ± 1.71 $\mu\text{моль}/\text{м}^2/\text{с}$).

Таблица 1 - Параметры газообмена листа и транспирации экспериментальных растений дуба черешчатого различного происхождения

Номер семьи	Вариант опыта	Интенсивность видимого фотосин-теза (Рн), мкмоль/м ² /с	Интенсив-ность транспирации (Е), ммоль/м ² /с
339.57	засуха	13.6±1.32	1.4±0.25
	контроль	14.8±0.54	2.0±0.12
63.12	засуха	13.9±0.35	2.3±0.45
	контроль	21.2±3.19	3.6±0.32
233.57	засуха	16.8±0.19	2.5±0.15
	контроль	18.2±0.38	3.2±0.1
151.1	засуха	9.3±1.71	2.0±0.27
	контроль	14.9±1.16	3.1±0.61
Средние значения	засуха	13.4±0.89	2.0±0.28
	контроль	17.3±1.32	3.0±0.29

У растений дуба в варианте опыта без засухи максимальный уровень фотосинтетической активности листьев изменялся от 14.8 до 21.2 мкмоль/м²/с. Самые высокие показатели фотосинтетической активности имела семья 63.12 (21.2±3.19 мкмоль/м²/с), самые низкие – семья 339.57 (14.8±0.54 мкмоль/м²/с). У растений дуба, испытывающих засуху, наибольшее значение интенсивности транспирации (2.5±0.15 ммоль/м²/с), как и ассимиляции СО₂, зарегистрировано у семьи 233.57, а наименьшее – у семьи 339.57 (1.4±0.25 ммоль/м²/с). Согласно полученным экспериментальным данным, опытные деревья разных семей существенно различаются не только по интенсивности фотосинтеза, но и способности испарять воду.

Исследование ферментов окислительного стресса пероксидазы (POD), каталазы (CAT) и супероксиддисмутазы (SOD) показал различия в их активности при воздействии засухи и дефицита азота. Не происходило изменение активности CAT и POD в условиях комбинированного стресса. Активность SOD в листьях дуба увеличилась на 17,8 и 34,6% при воздействии засухи и дефицита азота, соответственно. Сравнительный анализ активностей ферментов окислительного стресса у разных семейств дуба показал, что засуха оказала стимулирующее влияние на POD и SOD у семейств 149/1 и 63/12. При этом, активность CAT также возрастала у 63/12, но снижалась у 149/1. Активности POD и SOD снижались у 405/60 и 11/61, а активность CAT значительно не менялась относительно контроля у этих семейств дуба. Полученные результаты свидетельствуют об адаптации семейств 149/1 и 63/12 к засухе, что выражалось в активации ферментов защиты от окислительного стресса, в то время как на ферменты защиты от АФК у семейств 405/60 и 11/61 засуха действовала угнетающе.

Список литературы

1. Fischer R.A. et al. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance, higher photosynthetic rate and cooler canopies / R.A. Fischer et al. // Crop Science. – 1998. – Vol. 38. – P. 1467-1475.
2. Flexas J., Medrano H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-

stomatal limitations revisited / J. Flexas, H. Medrano // *Annals of Botany*. – 2002. – Vol. 89. – P. 183-189.

3. Chance B. and Maehly A.C. Assay of Catalase and Peroxidase / B. Chance and A.C. Maehly // *Methods in Enzymology*. – 1955. – 2. – p. 764-775.

4. R. Hammerschmidt, E. Nuckles, and J. Kuc Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium* / R. Hammerschmidt, E. Nuckles, and J. Kuc // *Physiology of Plant Pathology*. – 1982. – 20. -p. 73.

5. Beauchamp C. and Fridovich I. Superoxide Dismutase: Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels / C. Beauchamp and I. Fridovich // *Analytical Biochemistry*. – 1971. – 44. – p. 276-287. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8).

References

1. Fischer R.A. et al. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance, higher photosynthetic rate and cooler canopies / R.A. Fischer et al. // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – P. 1467-1475.

2. Flexas J., Medrano H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited / J. Flexas, H. Medrano // *Annals of Botany*. – 2002. – Vol. 89. – P. 183-189.

3. Chance B. and Maehly A.C. Assay of Catalase and Peroxidase / B. Chance and A.C. Maehly // *Methods in Enzymology*. – 1955. – 2. – p. 764-775.

4. R. Hammerschmidt, E. Nuckles, and J. Kuc Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium* / R. Hammerschmidt, E. Nuckles, and J. Kuc // *Physiology of Plant Pathology*. – 1982. – 20. -p. 73.

5. Beauchamp C. and Fridovich I. Superoxide Dismutase: Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels / C. Beauchamp and I. Fridovich // *Analytical Biochemistry*. – 1971. – 44. – p. 276-287. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8).