

FOTOSİSTEM II ELEKTRON NƏQLİYYAT ZƏNCİRİNİN MƏNFİ FAKTORLARDAN QORUNMASINDA BİTKİ EKSTRAKTLARININ ROLU

S.Ə. Atakişiyeva

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Botanika İnstitutu, A.Abbaszaadə küç., giriş 99,
AZ 1004, Bakı, Azərbaycan

E-mail: SevincAtakisiyeva@gmail.com

Aparılan tədqiqatlarda müəyyən edilmişdir ki, $ZnCl_2$ və $NaCl$ duzlarının toksiki konsentrasiyasına məruz qalmış 7 günlük buğda cücərtiləri (*Triticum aestivum*) yarpaqlarında yaranan oksigenin reaktiv formalarının yaratdığı oksidləşdirici stres bitki orqanizminə ciddi ziyan verir. Bu stressi aradan qaldırmaq məqsədi ilə şirin biyan kökü (*Radix glycyrrhizae*), adaçayı yarpaqları (*Salvia officinalis*), *Danae racemosa*, ənginar (*Cynara*), yemişan (*Grataegus*) kimi bir sıra dərman bitki ekstraktlarının müdafiəsi öyrənilmişdir. Müəyyən olmuşdur ki, stressorların təsirindən asılı olaraq, tədqiq olunan ekstraktlar Fotosistem II Elektron Nəqliyyat Zəncirində (FS II ENZ) gedən fitokimyəvi reaksiyaların adaptiv qabiliyyətini stimullaşdırır. Beləki, Zn ionlarının yaratdığı oksidləşdirici stresin daha yaxşı inhibitorları şirin biyan kökündən, relik bitki *Danae racemosa* və adaçayı bitki yarpaqlarından, $NaCl$ stresinə qarşı isə şirin biyan, ənginar və yemişandan alınmış ekstraktlar olmuşdur. Göstərilmişdir ki, stressorlara qarşı bitki ekstraktlarının müdafiə effekti onların zəngin fitokimyəvi xassəyə malik olub, FS II sərbəst radikalların, bilavasitə superoksid anion radikallarının söndürülməsinə, çoxalan oksigenin reaktiv formalarının (ORF) generasiyasının neytrallaşmasına səbəb olur. Ekstraktların tərkibindəki fenol birləşmələr güclü antioksidantlar olduğuna görə FS II-nin elektron nəqliyyat zəncirinin donor və akseptor tərəflərinin oksidləşmə-reduksiya tarazlığını bərpa edir.

Açar sözlər: ağır metallar, elektron nəqliyyat zənciri, fotosistem II, oksigenin reaktiv formaları

GİRİŞ

Stres zamanı bitkilərin tilakoid membranında gedən fitokimyəvi reaksiyaların ilkin hədəfi yüksək molekulyar struktura malik olan FS II-dir [Vass, 2012; Jafarova et al., 2019; Rantala et al., 2020]. Stres vəziyyətdə olan bitkilərdə gedən adaptasiya reaksiyalarını orqanizmdəki antioksidant sistemləri müdafiə edir. Stres vəziyyətdə bitkinin adaptasiya reaksiyalarını aktivləşdirən antioksidant müdafiə sistemi mövcuddur [Mittler, 2006; Chesnokova et al., 2006]. Belə stres faktorlardan biri toksiki ağır metallardır. Metal ionları ilə gedən reaksiyaların əsas xüsusiyyətlərindən biri metal ionlarının daxili və xarici sferada koordinasiyası zamanı leqandlarla əvəz etməklə sürətlənir [Baker et al., 1982; Wang et al., 2009]. Duz stressi zamanı osmotik təzyiq yaranır. İon stressi zamanı Na^+ və Cl^- ionlarının ifrat dərəcədə toplanması nəticəsində digər ionların keçidini azaldır [Allakhverdiev et al., 2000; Sudhir and

Murthy, 2004]. İşin əsas məqsədi stressə məruz qalmış tilakoid membranında FS II-nin cavab reaksiyasına bir sıra bioloji aktiv komponentlər (BAK) və antioksidant xüsusiyyətli bitki ekstraktlarının təsirini müəyyən etmək olmuşdur.

MATERIAL VƏ METODLAR

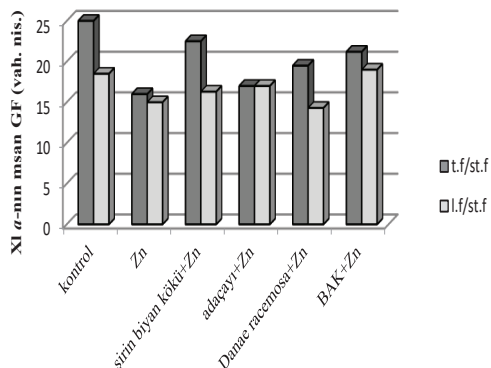
Tilakoid membranda oksigenin reaktiv formalarının yaratdığı oksidləşdirici stresin öyrənilməsi məqsədilə tədqiqat obyekti olan 7 günlük buğda cücərtilərinə (*Triticum aestivum* L.), 24 saat müddətində $NaCl$ (10-3M), həmçinin $ZnCl_2$ (10-3M) duzlarının təsiri öyrənilmişdir. Mühitə müdafiə üçün müxtəlif bitki mənşəli, şirin biyan kökü (*Radix glycyrrhizae*), adaçayı (*Salvia officinalis* folia), *Danae racemosa*, ənginar (*Cynara*), yemişandan (*Grataegus*) 70%-li su spirti ilə hazırlanmış ekstraktlar əlavə olunmuşdur. 70%-li bitki ekstraktları 7 gün ərzində qaranlıqda

saxlanılmaqla daimi çalxalanma üsulu ilə hazırlanmışdır. FS II funksional aktivliyi XI a-nın msan gecikmiş flüoressensiya kinetik ayrılmasının induktiv keçidlərinin təhlili əsasında qiymətləndirilmişdir. XI a-nın msan GF kinetikası 1,25 msan emissiya və həyəcanlanma intervalı olan bir fosforoskopda ölçülmüşdür. Tədqiqatlar in vivo aparılmışdır. FS II cavab reaksiyasının flüoressent spektr ayrıləri GF msan flüoressensiya metodu ilə öyrənilir. Alınan nəticələrin statistik təhlili Excel proqramından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

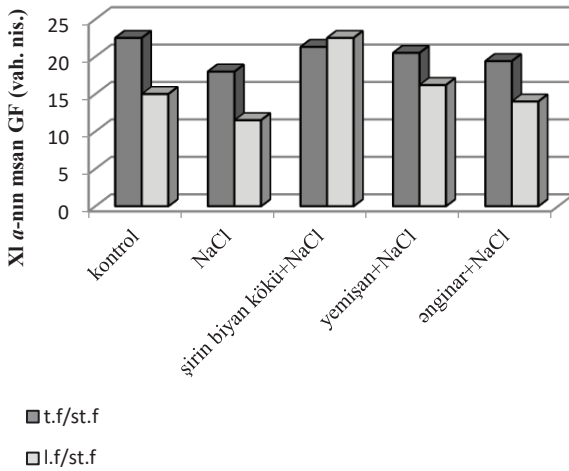
FS II ENZ təsir yerinin müəyyən olunmasında tədqiq olunan flüoressent xarakteristik ayrılar göstərdi ki, XI a-nın msan induksion keçidlərin dəyişkənliyinin xarakteri buğda cücərilərinin Zn və NaCl duzlarının toksiki təsirindən asılıdır. Bu da öz növbəsində QA-QB xiron akseptor səviyyəsini əks etdirən FS II-nin akseptor tərəfində stabil elektron daşınmasının zədələnməsinə səbəb olur. Flüoressent analizlərin nəticələrindən görüldüyü kimi, toksiki duzlar FS II RM, ENZ və protein qradienti arasında əlaqənin pozulmasına səbəb olur. Zn bir çox fermentlərin əsasını təşkil edərək öz liqandları ilə effektiv əvəz olunur. Fotosintez prosesində Zn ingibirləşdirmə effekti öyrənilmişdir. Fərz edilir ki, toksiki Zn_2^+ ionları FS II-nin oksidləşdirici tərəfində biruzə olunur və Mn_4O_5Ca kompleksinə təsir edir. Eyni zamanda ikinci zədələnmə nöqtəsi plastoxinon səviyyədə fotosistemlər arasında ENZ baş verir (Şək.1.). Şəkil 1-dən görüldüyü kimi Zn_2^+ ionlarının olduğu yetişdirilmə mühitinə şirin biyan kökü ekstraktının əlavə olunması t.f.s.f olan nisbətinin ölçüsünü 37,5% bərpa etmə qabiliyyətinə malik olmuşdur. Lakin t.f.s.f olan nisbəti isə bərpa etmə effektinin minimal qiymətini göstərmişdir. Bioloji aktiv komponentlər (BAK) şirin biyan kökündən hazırlanmış ekstraktlar kimi effektiv olub t.f.s.f olan nisbət kəmiyyətini 31,25% l.f.s.f olan nisbət kəmiyyətini isə 27% bərpa edir. Adaçayı ekstraktının təsiri isə l.f.s.f olan nisbətdə müşahidə olunur. Bu zaman onun nisbət

kəmiyyəti 13,3% bərpa etmə qabiliyyətinə malik olmuşdur.



Şəkil 1. Zn(10-3M) ionlarına məruz qalmış FS II ENZ aktivliyinə şirin biyan kökündən, adaçayıdan və *Danae racemosa* növündən alınmış ekstraktların təsiri

Relikt bitki olan *Danae racemosa* növündən hazırlanmış ekstrakt yalnız t.f.s.f olan nisbətdə 25% stresdən qoruya bilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, adaçayıdan başqa tədqiq olunan ekstraktların hamısı FS II aktivliyini bərpa edir. Bu da əsas etibarilə ENZ donor tərəfində müşahidə olunur. Tədqiqatlarımızda həmçinin duzlu mühitdə yetişdirilmiş buğda cücərilərinə müdafiə qabiliyyəti olan yemişan və ənginar ekstraktlarının təsiri öyrənilib (Şək. 2). Məlumdur ki, duz stressi osmotik təzyiqi yüksəldir. Bu da su çatışmamazlığı ilə əlaqədardır. İon stressi Na^+ və Cl^- ionlarının həddən artıq toplanması nəticəsində yaranır [Sharma et al., 2005]. Stres mühitə yemişan ekstraktının təsiri həm t.f.s.f olan nisbətinin kəmiyyətinə, həm də l.f.s.f nisbətinin kəmiyyəti (38% və 13,5% uyğun) bərpa etmişdir. Ənginar ekstraktının təsirində isə cüzi effekt müşahidə olunur. Qeyd etmək lazımdır ki, hər iki toksikantların təsiri zamanı FS II-nin aktivliyinə şirin biyan ekstraktının effekti daha güclü olmuşdur. Halbuki, NaCl mühitində daha çox bərpa FS II-nin ENZ akseptor tərəfində müşahidə olunur. Flüoressent analizlərin xarakteristikası stres zamanı elektronların daşınma məqsədilə FS II RM arasında qarşılıqlı təsirin zədələnməsini məlumatlandırır. Verilmiş



Şəkil 2. Na^+ və Cl^- ionlarına məruz qalmış FS II ENZ aktivliyinə şirin biyan kökündən, yemişan və ənginardan alınmış ekstraktların təsiri

şəraitdə tədqiq olunan bitki ekstraktlarının müxtəlif dərəcədə antioksidant tərkibə malik olub, FS II adaptiv reaksiyalarını stimule edir. Ekstraktların antioksidant aktivliyi onun güclü aşağı molekullu kversitin flavonoidlərdən, saponinlərdən, naftoxinonlardan, karotinoidlərdən, vitaminlərdən ibarət tərkibə malik olmasıdır [Ganiyeva et al., 2009; Samojlik et al., 2010; Agalarov et al., 2016; Aleksandrovich et al., 2016]. Stres şəraitdə karotinoidlər miqdarca artaraq özünü antioksidant kimi biruzə verir [Maslova et al., 2020]. Aşağı molekullu antioksidantlar stres zamanı hüceyrə və membranda ORF söndürmək qabiliyyətinə malik olub, ENZ donor tərəfində P680^+ və TyrZ^+ arasında tarazlığı, akseptor tərəfində isə QA-QB funksiyasını, bütövlükdə FS II-nin aktivliyini bərpa edir.

ƏDƏBİYYAT

- Agalarov R., Chyragova S., Abdullayev Kh., Gambarov Kh., Gasanov R. (2016) Antioxidant (AO) and free radical quenching (FRQ) activities of traditional medicine substances, honey and vinery products of Azerbaijan Republic. *Journal of Biotechnology*, 231: 61.
- Aleksandrovich K.V., Konstantinovna R.T., Vladimirovna K.A., Konstantinovna P.I. (2016) Method for obtaining the sum of saponins from the roots of Manchurian aralia. Description of the invention to the patent, pp. 1-7. [Александрович К.В., Константиновна Р.Т., Владимировна К.А., Константиновна П.И. (2016) Способ получения суммы сапонинов из корней аралии маньчжурской. Описание изобретения к патенту, с. 1-7]
- Allakhverdiev S.I., Sakamoto A., Nishiyama Y., Murata N. (2000) Inactivation of photosystems I and II in response to osmotic stress in *Synechococcus*. Contribution of water channels. *Plant Physiol.*, 122: 1201-1208
- Baker N.R., Fernyhough P., Meek I.T. (1982) Light-dependent inhibition of photosynthetic electron transport by zinc. *Physiologia plantarum*, 56: 217-222
- Ben Ghnaya A.B., Charles G., Hourmant A., Hamida J.B., Branchard M. (2009) Physiological behaviour of four rapeseed cultivar (*Brassica napus* L.) submitted to metal stress. *C.R. Biologies.*, 332: 363-370
- Chesnokova N.P., Ponukalina E.V., Bizenkova M.N. (2006) General characteristics of sources of free radicals and antioxidant systems. *Advances in Modern Natural Sciences*, 7: 37-41. [Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Бизенкова М.Н. (2006) Общая характеристика источников образования свободных радикалов и антиоксидантных систем. *Успехи соврем. Естествознания*, 7: 37-41]
- Foyer Ch.H. (2018) Reactive oxygen species, oxidative signaling and the regulation of photosynthesis. *Environmental and experimental Botany*, 154: 134-142.
- Ganiyeva R.A., Novruzov E.M., Bayramova S.A., Kurbanova I.M., Hasanov R.A. (2009) Effect of seabuckthorn extract on delayed chlorophyll fluorescence on Cd and Co ions treated wheat seedlings. *Journal of Environmental Biology*, 30(6): 1055-1058
- Gasanov R.A., Alieva S., Arao S., Ismailova A., Katsuta N., Kitade H., Yamada Sh., Kawamori A., Mamedov F. (2007) Comparative study of the water oxidizing reactions and the millisecond delayed chlorophyll fluorescence in photosystem II at different pH. *J. of*

- Photochem. Photobiol., 86: 160-164
- Gasarov R.A., Aliyeva S.A., Mamedov F. (2012) Delayed Fluorescence in a Millisecond Range - a Probe for Donor Side-Induced Photoinhibition in Photosystem II. In: Photosynthesis: Overviews on Recent Progress and Future Perspectives, (Eds: Guruprasad K.N., Itoh S., Mohanty P.) Narosa Publishing House, New Delhi, India, Chapter 7: 101-107
- Goltsev V., Chernev P., Zaharieva I., Lambrev P., Strasser R.J. (2005) Kinetics of delayed chlorophyll a fluorescence registered in milliseconds time range. Photosynth. Res., 84: 209-215
- Jafarova J., Ganiyeva R., Bayramova S., Gasarov R. (2019) The nature of PS II reactions stability under oxidative stress. Bangladesh journal of botany, 48: 1029-1035
- Kondzior P., Butarewicz A. (2018) Effect of heavy metals (Cu and Zn) on the content of photosynthetic pigments in the cells of Algae *Chlorella vulgaris*. Journal of Ecological Engineering, 19: 18-28
- Maslova T.G., Markovskaya E.F., Slesheev N.N. (2020) Functions of carotenoids in the leaves of higher plants. Journal of General Biology, 81: 297-310. [Маслова Т.Г., Марковская Е.Ф., Слешнев Н.Н. (2020) Функции каротиноидов в листьях высших растений. Журнал общей биологии, 81: 297-310]
- Mittler R. (2006) Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends in plant science, 11: 15-19
- Pospisil P. (2016) Production of reactive oxygen species by photosystem II as a response to light and temperature stress. Frontiers in plant sciences, 7: 1950.
- Rantala S., Jarvi S., Aro E.-M. (2020) Photosystem II: assembly and turnover of the reaction center D1 protein in plant chloroplasts. In book: Reference Module in Life Sciences. Encyclopedia of biochemistry 3rd edition, 207-214
- Rubin A.B., Krendeleva T.E., Venediktov P.S., Matorin D.N. (1984) Primary processes of photosynthesis and photosynthetic productivity. Agricult. Biology, 6: 81-92
- Samojlik I., Lakic N., Mimica-Dukic N., Dakovic-Svajcer K., Bozin B. (2010) Antioxidant and hepatoprotective potential of essential oils of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and Caraway (*Carum carvi* L.) (*Apiaceae*). J. Agric. Food Chem., 58: 8848-8853
- Sharma N., Gupta N.K., Gupta S., Hasegawa H. (2005) Effect of NaCl salinity on photosynthetic transpiration rate and oxidative stress tolerance in contrasting wheat genotypes. Photosynthetica, 43: 609-613
- Stefanov D., Milanov G. Lambrev P.H., Kurteva M., Abumhadi N. (2018) Delayed fluorescence measurements show increased S(2)Q(B) (-) charge recombination in PS2 of tobacco pigment-deficient Aurea Mutant. Comptes rendus de l'academie bulgare des sciences, 71: 1052-1061
- Sudhir P., Murthy S.D.S. (2004) Effect of salt stress on basic processes of photosynthesis. Photosynthetica, 42: 481-486
- Tripathy B. Ch., Oelmüller R. (2012) Reactive oxygen species generation and signaling in plants. Plant Signaling and Behavior, 7: 1621-1633
- Vass I. (2012) Molecular mechanisms of photodamage in the photosystem II complex. Biochim et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics, 1817: 209-217
- Wang C., Zhang S.H., Wang P.F., Hou J., Zhang W.J., Li W., Lin Z.P. (2009) The effect of excess Zn on mineral nutrition and antioxidative response in rapessed seedling. Chemosphere, 75: 1468-1476
- Zhang H., Liu Na, Zhao J., Ge F., Xu Y., Chen Y. (2019) Disturbance of photosystem II-oxygen evolution complex induced the oxidative damage in *Chlorella vulgaris* under the stress cetyltrimethylammonium chloride. Chemosphere, 223: 659-667

Роль растительных экстрактов в защите электронно-транспортной цепи фотосистемы II от негативных факторов

С.А. Атакишиева

Институт Ботаники Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики, ул. А.Аббасзаде, подъезд 99, AZ1004, Баку, Азербайджан

В проведенных исследованиях установлено, что окислительный стресс, вызванный активными формами кислорода, образующимися в листьях 7-дневных проростков пшеницы (*Triticum aestivum*), подвергшихся воздействию токсичных концентраций солей $ZnCl_2$ и $NaCl$, наносит серьезный вред растительному организму. Для облегчения этого стресса были изучены защитные эффекты ряда экстрактов лекарственных растений, таких как корень солодки (*Radix glycyrrhizae*), листья шалфей (*Salvia officinalis*), *Danae racemosa*, артишок (*Cynara*) и боярышник (*Grataegus*). Установлено, что в зависимости от воздействия стрессоров исследуемые экстракты стимулируют адаптивные возможности фитохимических реакций, протекающих в ФС II ЭТЦ. Так, наилучшими ингибиторами окислительного стресса, вызванного ионами Zn , оказались экстракты из корня солодки, реликтового растения *Danae racemosa* и листьев шалфея, тогда как против стресса $NaCl$ эффективными оказались экстракты из солодки, артишока и боярышника. Было показано, что защитное действие растительных экстрактов против стрессоров обусловлено их богатыми фитохимическими свойствами, которые приводят к подавлению свободных радикалов, непосредственно супероксидных анион-радикалов, и нейтрализации образования пролиферирующих реактивные формы кислорода (РФК) в ФС II. Поскольку фенольные соединения в экстрактах являются сильными антиоксидантами, они восстанавливают окислительно-восстановительный баланс донорной и акцепторной сторон цепи переноса электронов ФС II.

Ключевые слова: тяжелые металлы, электрон транспортная цепь, фотосистема II, реактивные формы кислорода

Role of plant extracts in protection of photosystem II electron transport chain from negative factors

S.A. Atakishiyeva

Institute of Botany, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, A. Abbaszade str., entrance 99, AZ1004, Baku, Azerbaijan

The studies have shown that oxidative stress caused by reactive oxygen species generated in the leaves of 7-day-old wheat seedlings (*Triticum aestivum*) exposed to toxic concentrations of $ZnCl_2$ and $NaCl$ salts causes serious harm to the plant organism. To alleviate this stress, the protective effects of a number of herbal extracts, such as licorice root (*Radix glycyrrhizae*), leaves of sage (*Salvia officinalis*), *Danae racemosa*, artichoke (*Cynara*), and hawthorn (*Grataegus*), were studied. It was found that, depending on the impact of stressors, the studied extracts stimulate the adaptive capabilities of phytochemical reactions occurring in PS II ETC. Thus, the best inhibitors of oxidative stress caused by Zn ions were extracts from licorice root, relict plant *Danae racemosa* and leaves of sage, while extracts from licorice, artichoke and hawthorn were effective against $NaCl$ stress. It was shown that the protective effect of plant extracts against stressors is due to their rich phytochemical properties, which lead to the suppression of free radicals, directly superoxide anion radicals, and neutralization of the formation of proliferating reactive oxygen species (ROS) in PS II. Since phenolic compounds in the extracts are strong antioxidants, they restore the redox balance of the donor and acceptor sides of the PS II electron transfer chain.

Keywords: heavy metals, electron transport chain, photosystem II, reactive oxygen species