

**BITKİLƏRDƏKİ LİPOPEROKSİDASIYA SÜRƏTİNƏ TƏSİR EDƏN
FAKTORLAR VƏ ONLARA QARŞI MÜDAFİƏ MEXANİZMLƏRİ****A.Ə.PAŞAYEV**

Bu tədqiqatda ağır metal ionlarının təsiri nəticəsində bitkilərdə baş verən lipoperoksidasiya (LPO) təhlil edilmiş və bu prosesin bitkilərin fizioloji və biokimyəvi xüsusiyyətlərində meydana gətirdiyi dəyişikliklər analiz edilmişdir.

Tədqiqatın nəticələrinə görə, bitki orqanlarında ağır metalların akkumul-yasiyası bu orqanlarda LPO sürətinin artması ilə təqib olunur. LPO məhsulları bitkilərdə həm vegetasiya, həm də produktivlik prosesini pozaraq cücərmə faizini, ümumi məhsuldarlığı və 1000 ədəd toxumun çəkisini nəzəri cəlb edəcək dərəcədə azaldır.

Müxtəlif antioksidantları, yəni kompleks meydana gətirən kəlatları və klassik antioksidantları tətbiq etməklə LPO məhsullarının xəsarətverici təsirinin qarşısını almaq mümkündür.

Heyvan toxumalarının membran törəmələrində in-vivo mühitdə olduğu kimi bitki toxumalarında da lipidlərin peroksidli oksidasiya (LPO) prosesi meydana gəlir, lakin bu proses in-vivo mühitdə çox kiçik aktivlikdə və sabit rejimdə inkişaf edir [22, 73; 28, 88; 34, 896-902]. Əldə edilən nəticələr bitkilərin peroksidli oksidasiyasında xloroplastların əsas yer tutduğunu və burada LPO-nun meydana gəlməsi üçün lazım olan bütün şərtlərin mövcud olduğunu təsdiq edir;

- Ali bitkilərin xloroplastları polidoymamış yağ turşuları ilə zəngindir və miqdarları bəzən 70-80%-ə qədər çatır;
- Xloroplast membranlarının doymamış lipidləri fotosintez əsnasında oksigenin hücumuna məruz qalırlar;
- Xloroplastların porfirin pigmentləri LPO-nun güclü katalizatorlarıdır [18, 1675-1678];
- Bəzi tədqiqatlarda xloroplastların işıqlandırılması nəticəsində oksigenin superoksidanion ($\bullet\text{O}_2$) radikalının və sinqlet oksigenin ($^1\text{O}_2$) ortaya çıxdığı təsbit edilmişdir [1, 235-241] ki, bunlar da böyük bir ehtimalla LPO-nun sürətlənməsində əhəmiyyətli rol oynayırlar. Həqiqətən, izolyasiya edilmiş xloroplastların qırmızı işıqla müntəzəm surətdə işıqlandırılması nəticəsində polidoymamış yağ turşularının azaldığı və onların LPO-ya məruz qalması nəticəsində malonildialdehid miqdarının yüksəldiyi müşahidə olunmuşdur. Bununla yanaşı, fotosintez prosesinin baş verdiyi orqanizmlərdə spektroskopun gözlə

görünən sahəsinin təsiri nəticəsində xlorofilin oksidasiyasının endogen funksiya daşdığı müəyyən edilmişdir [11, 189-198; 13, 19-28; 17, 506-512; 20, 230].

Bitkilərdə baş verən lipoperoksidasiyada substrat olaraq polidoymamış yağ turşularından, əsasən, linoleik turşu və sulfolipidlər rol oynayır. Rubin və başqaları noxud bitkisinin izolyasiya edilmiş xloroplastları üzərində incə təbəqəli qaz-maye xromotoqrafiyası ilə həyata keçirdikləri tədqiqatda LPO-nun əsas substratının qalaktozildiqliseridin linoleik turşu hissəsinin olduğunu aşkara çıxarmışdır [36, 93]. Bununla da bitki toxumalarında LPO inkişafının heyvan toxumalarından fərqli olduğu ortaya çıxmışdır. Heyvan toxumalarında bitkilərdən fərqli olaraq LPO məhsullarının meydana gəlməsində əsas substratın arakidonik və dokozogenik doymamış yağ turşularının olduğu bilinir [19, 227-230].

Bitkilərdəki TBT-nin (tiobarbutirik turşu) aktiv hissəsi, eyni zamanda MDA (malonil dialdehid) hüceyrənin maye qismində lokalizasiya olunur. Bitkilərdə membran hüceyrə içində qalan qisimlərində və supernatantdakı MDA-nın miqdarı hər milliqram zülalda 4–12mkm-a qədərdir. Yəni bitkilərdə MDA və peroksid miqdarı heyvanlardakı membran törəmələrindən dəfələrcə çoxdur [28, 88]. Bitki hüceyrələrində MDA miqdarının yüksək olmasına mitoxondri, mikrozom və sitoplazmanın digər orqanellərində aktivliyi çox yüksək olan lipooksigenaza fermentinin təsir etdiyi düşünülür [27, 1392-1430].

Xloroplastlarda LPO-nun hətta ən son məhsulunun zülal və lipid molekullarını bir-birinə bağlayaraq florofofor Şiff əsasları olan polimer qarışıqlar meydana gətirdiyi ortaya çıxmışdır [2, 1535-1536].

Nazik təbəqəli qaz-maye xromotoqrafiyası ilə həyata keçirilən tədqiqatlarda bitki xloroplastlarında fotooksidasiya zamanı qalaktozildiqliserid və sulfolipidlərin dəyişməsinə qarşılıq heyvan toxumalarının mikrozomlarındakı LPO-da əsas substratın fosfolipidlər olduğu ortaya çıxmışdır [9, 129-135; 35, 86-93].

Xloroplast lipidlərində peroksid qarışıqları lipidlərin tərkibində qalır və ester rabitəsinin hidrolizi meydana gəlir. Bu zaman membranda olan fosfolipidlərin polyarlığı güclənir və membranın hidrofob qismində hidrofil-peroksid qrupunun ortaya çıxması ilə keçiricilik sürətlə artaraq aktiv istiqamətdən passiv yönə hərəkətlənir [26, 46].

Noxud bitkisinin xloroplastlarındakı LPO-nun fosfolipidləri dəyişdirmədən sadəcə yağ turşularını, xüsusilə linoleik turşusunu oksidasiya etdiyi aşkara çıxmışdır [11, 189-198].

Bitkilərdə LPO əsasən kök və yarpaqlarda aktivdir. Toxumlarda isə mərcimək istisna olmaqla sadəcə toxumların üst qabıq hissəsində LPO müşahidə olunmuşdur (15, 272-281; 35, 86-93).

Bitkilərdə fotooksidasiya prosesinin ən əhəmiyyətli agentlərindən biri sinqilet oksigendir (1O_2) ki, bu da oyanmış xlorofil molekulunun oksigenlə təması zamanı meydana gəlir. Sinqilet oksigenin ömrü iki mikrosaniyə

olduğuna görə yarandığı yerdən uzağa diffuziya edə bilmir. Buna görə ən yaxın molekul ilə təmasa keçir [8, 307-311]. Bu cür molekul isə xlorofilə hidrofob olaraq bağlanmış polidoymamış yağ turşularıdır. Xloroplastlarda xlorofil sulfolipidlər və qalaktozildiqliseridlərlə sıx bir şəkildə bağlıdır və fosfolipidlərdən sahə olaraq ayrılmışdır.

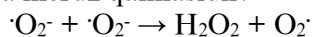
Bitkilərdə oksidasiyanın digər agentlərindən biri də superoksidanion radikalıdır ($\cdot O_2^-$). Bu radikal elektronların fotosintez transport zəncirində flavin fermentlərinin təsiri ilə fenolların və flavinlərin oksidasiyası ilə oksigenin reduksiyasının nəticəsində yaranır.

Bitkilərdə LPO-nun inkişafında ozonun böyük rol oynadığı məlumdur [16, 388-394].

Bitki toxumalarında LPO-nun inkişafında lipooksigenaza fermentinin rolunun da əhəmiyyətli olduğu təsdiqlənmişdir [21, 111-118; 27, 1392-1430]. *Cucumis sativus* (xiyar) bitkisiində linoleik, linoik və oleik yağ turşularının oksidasiyasına lipooksigenazanın təsiri tədqiq edilmişdir. Bu tədqiqatlarda yağ turşularının üzərinə lipooksigenaza fermenti əlavə edildikdə aktiv LPO meydana gəlmişdir. Müşahidə olunan LPO aktivliyi yağ turşularındakı ikiqat rabitələrin sayı ilə düz mütənasiblik təşkil etmişdir. Bu tədqiqatda lipooksigenaza fermenti həm *Cucumis sativus* bitkisinin homogen hala gətirilən preparatı, həm də doymamış yağ turşularının üzərinə əlavə edildikdə LPO bənzər aktivliklə inkişaf etmişdir [10, 159-169; 30, 180].

Bitkilər aləmindəki təkamül prosesində LPO-ya qarşı əhəmiyyətli müdafiə sistemi meydana gəlmişdir. Bu müdafiə agentlərindən biri α -tokoferoldur. α -tokoferolun bitki toxumalarındakı fizioloji rolu heyvan toxumalarında olduğu kimi oksidasiya nəticəsində meydana gələn parçalanmanın güclü katalizatoru olan sinqilet oksigeni saf halda ortaya çıxardır. Bu α -tokoferolun antioksidant xüsusiyyətidir. Rozenberq tərəfindən təklif edilmiş və daha sonra Diplock tərəfindən inkişaf etdirilmiş fikrə görə α -tokoferolun yan fitol zənciri lipid molekulundakı yağ turşularının sis-ikiqat rabitəli metil qrupu ilə qarşılıqlı əlaqədədir, α -tokoferolun nüvəsi isə hidrofilyon zonaya daxildir [5, 721-729].

Bitkilərdə ən əhəmiyyətli müdafiə mexanizmlərindən biri oksigenin superoksidanion radikalının superoksiddismutaza fermenti ilə dismutasiyaya məruz qalmasıdır:



Əldə edilən nəticələr noxud və ispanaqda superoksiddismutaza fermentinin miqdarına uyğun olaraq xloroplast membranlarında stabilləşmənin meydana gəldiyini nümayiş etdirir [34, 896-902].

Xloroplast membranlarının stabilliyini təmin edən faktorlardan biri də karotinoidlərdir. Bu maddələr sinqilet oksigenin aktiv inhibitorlarıdır. Karotinoidlərin müdafiə rolunu karotinoid mutantlarının yüksək müqavimətini nümayiş etdirən tədqiqatlar təsdiq edir. Karotinoid mutantları həm işığa, həm də boyaların fotodinamik təsirinə qarşı yüksək müqavimət göstərilir. Xloroplastlardakı xlorofil molekulunu da karotinoidlər kimi müvafiq şəraitdə oksigenin sinqilet radikalını tutaraq inaktiv hala gətirir [23, 3].

Bitki toxumalarında LPO-nun təsirinə qarşı müdafiə mexanizmində izoprenidlərin də rolu çox böyükdür [14, 1781-1787]. İzoprenidlər LPO nəticəsində meydana gələn H_2O_2 -ni parçalayır və hüceyrə membranında ozonun təsirindən sonra meydana gələn lipoperoksidləri reduksiya edir.

Ədəbiyyat təhlilindən sintetik antioksidantların da bitkilərin fotooksidasiyasına qarşı effektiv təsir göstərdiyi, sintetik antioksidantlardan butilat hidrooksiyanizolun (BHA) hüceyrə membranı lipidlərində aktiv halda akkumulyasiya olunaraq membranları lipid peroksidlərinin təsirinə qarşı müdafiə etdiyi müşahidə olunur [9, 129-135; 24, 199-208].

Bu nəticələr bizə xloroplast strukturunun dəyişməsinin və lipid oksidasiyasının əsasında eyni oksidasiya reaksiyalarının yer aldığını və bu reaksiyaların bitkilərdə müdafiə faktorlarının pozulmasından sonra inkişaf etməyə başladığını nümayiş etdirir. Bitkilər aləmindəki bütün anormal faktorlar, toksik maddələr, yüksək və aşağı temperaturlar, ion və qaz qarışığının dəyişməsi, fiziki faktorlar (qravitasiya) bitkilərdə stres təsiri əmələ gətirir [12, 280-283]. Bir qayda olaraq yarpaq və köklərdə LPO-nun sürətlə artması stres təsirindən sonra ortaya çıxır. Stres reaksiyasının başlaması üçün orqanizmin hüceyrələrinin daxili mühitindəki molekulyar struktur və biologiyasındakı dəyişmələr bir siqnal ola bilər. Böyük bir ehtimalla bu cür siqnal funksiyasını prooksidant–antioksidant müvazinətinin LPO aktivliyi istiqamətində dəyişməsi həyata keçirir [25, 923-931].

Bitki hüceyrələrində yüksək istilik stresi zamanı LPO-nun inkişafında müşahidə olunan güclənməni bitkilərə antioksidantlar əlavə etməklə tənzimləmək mümkündür. Kolupayev və Karnets buğda sünbülləri (koleoptil) üzərində apardıqları tədqiqatlarda yüksək temperatur stresindən sonra MDA miqdarının sürətli bir şəkildə artdığını müşahidə etmişlər. Tədqiqatçıların araşdırmaq məqsədilə istifadə etdikləri sünbülləri əvvəlcədən $CaCl_2$ məhlulunda 50 mM konsentrasiyada işləmələri bir tərəfdən onların sağ qalmaq faizini artırmış, digər tərəfdən LPO sürətinin aşağı düşməsinə səbəb olmuşdur [29, 68-73].

Kurqanova və b., apardıqları tədqiqatlarda noxud bitkisini (*Pisum sativum L.*) 42°C-də 10-60 dəqiqə gözlətdikdən sonra yarpaqlardan xloroplast əldə edərək LPO məhsullarının miqdarını və antioksidant vəziyyətini təyin etmişlər. Tədqiqat nəticəsində yüksək temperaturun 15 dəqiqəlik təsirindən sonra LPO məhsullarından hidroperoksid və MDA miqdarının sürətlə artdığı müşahidə olunmuşdur. Buna baxmayaraq bitkilər yüksək temperatur vəziyyətində uzun müddət gözləndikdə LPO məhsullarının azaldığı müşahidə olunmuşdur. Bu tədqiqatın nəticəsinə görə termoşok antioksidant vəziyyətinə də əhəmiyyətli təsir göstərir. Termoşokun birinci 20 dəqiqəlik təsiri nəticəsində qlutationreduktaza, superoksiddismutaza və qlutationun miqdarı artmışdır [31, 725-730; 32, 218-222].

Kök sistemindəki ion qarışığının dəyişməsi də bitkilərdə LPO aktivliyini dəyişdirmişdir. Leşinskaya və b., noxud fidanları üzərində xemoluminesasiya (XL) aktivliyinə görə duzların konsentrasiyası və ion qarışığının təsiri ilə LPO aktivliyinin dəyişməsinə tədqiq etmişdir. Mühitdəki Na^+

kationlarının xemolüminesasiyanı Ca^{+} ionlarına görə daha çox gücləndirdiyi ortaya çıxmışdır. K^{+} ionu 0.06 M-dan, Na^{+} ionu isə 0.02 M-dan sonra XL aktivliyində böyük artışa səbəb olmuşdur. Anionlardan isə F^{-} və SO_4 anionları XL aktivliyini əhəmiyyətli dərəcədə gücləndirmişdir [33, 182-185].

Herbisitlərin bitkilərdəki LPO-ya təsiri çox böyükdür. Bəzi herbisitlərin aktiv hissəsi olan parakvat bitkilərdəki LPO-nun fəaliyyətində artım əmələ gətirir. Bu maddə xlorofilli bitkilərdə işıq təsiri nəticəsində ortaya çıxır [7, 43-44]. Parakvatın təsiri ilə qalaktozil-diqliseridlərin miqdarı azalır, MDA miqdarında isə böyük artım müşahidə olunur. Parakvat həm LPO sürətini, həm də xlorofilin rəngsizləşməsini artırır [36, 93].

Ağır metallardan Fe və Cd-un bitkilərə təsirindən sonra antioksidant müdafiə sisteminin kifayət qədər aktivləşməməsi nəticəsində LPO-nun sürəti artır və bu oksidasiya nəticəsində əmələ gələn xəsarət membranın passiv keçiriciliyinin artmasına səbəb olur [15, 272-281]. Ağır metallardan Cu-in bitkilərə təsiri böyük konsentrasiyalarda daha çoxdur və o, lipid peroksidasiyasını Fe və Cd-a nisbətən daha çox sürətləndirir [4, 73-97].

Ağır metalların bitkilərdəki LPO-ya təsiri bir qayda olaraq antioksidant müdafiə sistemində güclü dəyişikliklərin meydana gəlməsinə səbəb olur. Onların təsiri nəticəsində əvvəlcə antioksidant müdafiə sisteminin fəaliyyəti artır, təsirin sonrakı mərhələsində isə antioksidantların fəaliyyətinin azalması LPO-nun güclənməsi ilə təqib olunur [6, 1101-1109].

Ağır metalların bitkidəki LPO-ya təsiri barədə ədəbiyyat dəlilləri az olduğuna görə LPO məhsullarının böyük miqdarının bitkidə meydana gətirə biləcəyi fizikokimyəvi, biokimyəvi və fizioloji dəyişikliklərin ümumi mənzərəsi indiyə qədər təsbit edilməmişdir. Bununla yanaşı, model sistemində aparılan tədqiqatların nəticəsi bunu göstərir ki, bitkilərdə ultrabənövşəyi şüaların və herbisitlərdən metilviolojenin (parakvat) təsiri ilə LPO məhsullarının miqdarı ehtiyac duyulandan daha çox olduqda bitkilərdə bir çox mənfi dəyişikliklər meydana gəlir. LPO məhsullarının artıq miqdarının təsiri nəticəsində bitkilərdə ən çox kök, yarpaq və meyvə sistemi xəsarət alır [9, 129-135]. LPO məhsullarının müəyyən bir miqdarı bitkilərdə genoma keçərək mutagen təsir göstərir ki, bu da məhsuldarlığın aşağı düşməsinə və daha sonrakı nəsillərdə cırlığa səbəb olur [3, 115]. LPO məhsullarının yüksək konsentrasiyası isə yarpaqları və kök sistemini təxrib edərək bitkilərin qurumasına səbəb olur. Bu nəticələri LPO sürətini bir başa artıran ağır metal təsiri baxımından tədqiq etsək, ağır metal ionlarının bitkilərdəki LPO-ya təsirinin araşdırılmasının nə qədər vacib bir mövzu olduğunu görürük.

Qeyd etdiyimiz kimi, bitkilərdə də heyvan toxumalarında olduğu kimi lipidlərin peroksidli oksidasiya prosesi mövcuddur. Normal şərtlərdə bu proses heyvan toxumalarında olduğu kimi çox kiçik səviyyədə və stabil vəziyyətdədir. Bitkilərdə prooksidantlarla yanaşı, heyvan toxumalarından daha etibarlı, çox mərhələli müdafiə sistemi mövcuddur. Bitkilərdə onların funksional vəziyyətini pozan və yaxud hər hansı bir xəsarətverici faktor LPO-nu sürətlə artırır və bitkilərin antioksidant müdafiə vəziyyətini

dəyişdirir. Ədəbiyyat təhlilindən belə bir nəticəyə də gəlmək mümkündür ki, ağır metallar LPO sürətini artıraraq antioksidant müdafiə sistemini pozur və bitki orqanizminə yüksək dərəcədə xəsarət yetirir, lakin bu problem indiyə qədər kifayət qədər tədqiq olunmamışdır və çox vacib olduğuna görə öz həllini gözləyir.

ƏDƏBİYYAT İngilis dilində

1. Asada K. Ascorbate peroxidase-hydrogen peroxide scavenging enzyme in plants. *Plant Physiology J.*, No: 85, 1992.
2. Chio K., Reiss U., Fletcher B., Tappel A.L. Peroxidation of subcellular organelles: Formation of lipofuscine like fluorescent pigments. *Science J.*, No: 166, 1979.
3. Degraeve N. Carcinogenic, teratogenic and mutagenic effects of cadmium. *Mutagenic Researches J.*, No:86, v 2, 1981.
4. Dietz K.J., Kramer U., Baier M. Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metal toxicity. *Heavy Metal stress in Plants. From Molecules to Ecosystems.* Prasad M.N.V., Hagemeyer J., (ed.), Springer-Verlag, Berlin, 1999.
5. Diplock A.T., Baum H., Lucy J.A. The effect of vitamin E in the oxidation state of selenium in rat liver. *Biochemistry J.*, No:123, v 5, 1971.
6. Dixit V., Pandey V., Shyam R. Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum L.*, cv Azad). *Journal of Experimental Botany*, No: 5, 2001.
7. Dodge A.D., Harris N. The mode of action of paraquat diquat. *Biochemistry J.*, No:118, 1970.
8. Foote G.S. Photosensitized oxygenation and the role of singlet oxygen. *Asociety of Chemistry Researches*, No:1, v 2, 1968.
9. Gutteridge J.M.C., Halliwell B. The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems. *Trends Biochemistry Science J.*, No:15, 1990.
10. Hasselt P.R. Photo-oxidation of unsaturated lipids in Cucumis leaf discs during chilling. *Acta Botany Netherlands*, No: 23, 1974.
11. Heat R.L., Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I.Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives Biochemistry and Biophysics J.*, No:125, 1978.
12. Hideg E., Vass I. The 75⁰C thermoluminescence band of green tissues: chemiluminescence from membrane – chlorophyll interaction. *Photochemistry. Photobiology J.*, No: 58, 1993.
13. Khan D.H., Duckett L.G., Frankland B., Kirkham J.B. An X-ray Microanalytical study of the distribution of cadmium in roots of *Zea mays L.* *Plant Physiology*, No:115, 1984.
14. Loreto F., Velikova V. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. *Plant Physiology J.*, No:127, 2001.
15. Metwally A., Finkemeier I., Georgi M., Dietz K.J. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in Barley seedlings. *Plant Physiology J.*, No:132, 2003.
16. Nobel P.S., Cheng-Ten Wang. Ozone increases the permeability of isolated pea chloroplasts. *Archives Biochemistry and Biophysics J.*, No:157, 1973.
17. Porter N.A., Nixon J., Iseac R. Cyclic peroxides and the thiobarbituric acid. *Biochim. Biophys. Acta*, No:441, 1976.
18. Rawls H.R., Van Santen P.J. Singlet oxygen and the initiation of fatty acid autooxidation. *Tetrahedron letters J.*, No:14, 1968.

19. Samuelsson B. The leukotrienes: a new group of biologically active compounds in buding SRS-A. *Frends in pharmacology Science J.*, No:1, 1980.
20. Stroinsli A., Zielezinska M. Hydrogen peroxide and phytochelatins synthesis. *Plant Physiology. Biochemistry J.*, No:1, 1996.
21. Takahama U., Nishimura M. Effect of electron donor and acceptor, electron transfer mediators and superoxide dismutase on lipid peroxidation in illuminated chloroplast fragments. *Plant Cell Physiology J.*, No:17, 1976.
22. Tappel A. Free-radical lipid peroxidation damage and its inhibition by vitamin E. *Federative Proceeding*, No: 24, 1965.
23. Tewari R.K., Kumar P., Sharma P.N., Bisht S.S. Modulation of oxidative stress responsive enzymes by excess cobalt. *Plant Science J.*, No:162, 2002.
24. Yamamoto Y., Kobayashi Y., Matsumoto H. Lipid peroxidation is an early symptom triggered by aluminum, but not the primary cause of elongation inhibition in pea roots. *Plant Physiology J.*, No:125, 2001.

Rus dilinda

25. Барабой В.А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов. *Успехи Современной биологии*, том 111, No:6, 1991.
26. Владимиров Ю.А. Действие холестерина на липидный бислой. Тезисы докладов пленарных лекций и симпозиальных заседаний I Всесоюзного биофизического съезда Академии Наук СССР, Москва, 1982.
27. Карножицкий В. Биохимическое значение перекисей липидов. *Успехи химии*, том 41, No:8, 1972.
28. Козлов Ю.П., Данилов В.С., Каган В.Е., Ситковский М.В. Свободно-радикальное окисление липидов в биологических мембранах. Изд-во «МГУ», Москва, 1972.
29. Колупаев Ю.Е., Карнец Ю.В. Влияние экзогенного кальция на интенсивность пероксидного окисления липидов в колеоптилах озимой пшеницы и их теплоустойчивость. *Физиология и биохимия культ. растений*, том 35, No:1, 2003.
30. Корецкая Т.Ф., Веселовский В.А., Жолкевич В.Н. О соотношении между интенсивностью дыхания и сверхслабым свечением корней. Докл. АН СССР, Москва, 1972.
31. Курганова Л.Н., Веселов А.П., Гончарова Т.А., Сеницына Ю.В. Перекисное окисление липидов и антиоксидантная система защиты хлоропластов гороха при тепловом шоке. *Физиология растений*, No: 44, 1997.
32. Курганова Л.Н., Веселов А.П., Сеницына Ю.В. Еликова Е.А. Продукты перекисного окисления липидов как возможные посредники между воздействием повышенной температуры и развитием стресс-реакции у растений. *Физиология растений*, том 46, No:2, 1999.
33. Лещинская Л.В., Цей А.А., Веселовский В.А., Тарусов Б.Н. Зависимость хемилюминесценции растительных тканей от ионного состава среды. Сверхслабые свечения в биологии. Труды Московского общества испытателей природы. Изд-во «Наука» том 39, Москва, 1972.
34. Мерзляк М.Н., Юферова С.Г. Окисление липидных компонентов в изолированных хлоропластах под действием света. *Физиология растения*, том 22, No:5, 1975.
35. Мерзляк М.Н., Погосин С.И., Юферова С.Г., Шеврёва В.В. Использование 2-тиобарбитуровой кислоты при исследовании перекисления липидов в тканях растений. *Биологические науки*, No:9, Научные доклады Высшей школы СССР, Москва, 1978.

36. Рубин Б.А., Мерзляк М.Н., Юферова С.Г. Окисление липидных компонентов в изолированных хлоропластах под действием света. Субстраты и продукты перекисления липидов. *Физиология растений, том 23, No:2, 1976.*

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В РАСТЕНИЯХ И МЕХАНИЗМЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

А.А.ПАШАЕВ

АННОТАЦИЯ

В этой статье исследованы факторы, влияющие на скорость перекисного окисления липидов (ПОЛ) в растениях и механизмы защиты от них.

По результатам исследований ряд факторов, главные из них тяжелые металлы, повышают скорость ПОЛ в растениях и нарушив сопротивление растений, повреждают их в высшей степени. Так как, в растениях как и в тканях животных существует процесс перекисного окисления липидов, в нормальных условиях этот процесс как и в тканях животных находится в стабильном положении в очень меньшей степени. В растениях наряду с прооксидантами, существует более надежная, многоступенчатая защитная система. В растениях фактор, нарушающий их функциональное состояние или какой-либо повреждающий фактор, ускоренно повышает ПОЛ и меняет антиоксидантное защитное положение растений.

Различные антиоксидантные системы, существующие в растениях, в том числе естественные антиоксиданты, одновременно синтетические антиоксиданты, применяемые к растениям экзогенным путем в определенной мере уменьшив скорость ПОЛ, устраняют повреждение растения.

FACTORS INFLUENCING TO THE SPEED OF LIPOPEROXIDASY IN PLANTS AND PROTECTION MECHANISMS AGAINST THEM

A.A.PASHAYEV

ABSTRACT

Factors influencing to the speed of lipoperoxidasy in plants and protection mechanisms against them have been searched in this researched.

According to the results of the research being mainly heavy metals some factors increase speed of LPO in plants and breaking resistance of plants causes great damages to them. So, there is process of peroxidous oxidasy of lipids in plants as in animal tissues. In normal terms this process, being in very small degree is in stable position as in animal tissues. Besides possessing prooxydants, plants have more reliable, multi-staged protection system. Any factor damaging or breaking their functional position in plants increases LPO quickly and changes antioxidant protection position of plants.

Different antioxidant systems existing in plants, as well as natural antioxidants, at the same time synthetic antioxidants applied to the plants by exogen way decreases speed of LPO in some degree and prevents from damaging plant.