

UOT 581.132:581.174.1

QARĞIDALI BİTKİSİNİN (*Zea mays* L.) MEZOFİL VƏ ÖRTÜKTOPA HÜCEYRƏLƏRİNDƏN AYRILMIŞ XLOROPLASTLARIN FUNKSIONAL XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN VƏ ULTRASTRUKTURUNUN MÜQAYİSƏLİ TƏDQIQI

N.X. ƏLİYEVƏ

AMEA Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutu

*Təqdim olunan işin əsas məqsədi – qarğıdalı (*Zea mays* L.) bitkisinin mezofil və örtüktopu assimilyasiyaedici toxumalarından ayrılmış xloroplastların spektral funksional xassələrini və anatomik-morfoloji quruluşunu müqayisəli şəkildə öyrənməkdir. Qarğıdalının yarpaqlarında və mezofil hüceyrələrində xlorofilin aşağı temperaturu (77K) fluoressensiya spektrində işıq toplayan kompleksi, FS I və FS II komplekslərini xarakterizə edən 3 maksimum mövcuddur; 686 nm, 695 nm və 735 nm. Müəyyən edilmişdir ki, bu maksimumlar qarğıdalının örtük topa xloroplastlarında da vardır, lakin aqranal plastidlərin fluoressensiya spektrində 695 nm sahədə zolağın intensivliyi çox aşağıdır. Aparığımız tədqiqatların nəticələrinə görə mezofil hüceyrələrindən ayrılmış xloroplastlarla müqayisədə, örtüktopu hüceyrələrində FS II nin fotokimyəvi fəallığı təqribən 5 dəfəyə qədər aşağı olmuşdur. Elektron mikroskop vasitəsi ilə yarpaqların ultrastrukturunun analizi zamanı mezofil və örtüktopu hüceyrələrinin quruluşunun bir-birindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqləndiyi göstərilmişdir.*

Açar sözlər: *Zea mays*, mezofil, örtüktopu, xloroplast, FS I, FS II, xlorofil, fluoressensiya

Məlumdur ki, C₄-bitkilər C₃ bitkilərdən bir çox əlamətlərinə görə, CO₂-nin assimilyasiyasının yüksək effektivliyinə, yüksək biokütlə və dən məhsuldarlığının olmasına, metabolik yolların mürəkkəbliyinə, arid və ekoloji cəhətdən əlverişsiz ərazilərdə geniş yayılma potensialının olmasına və mürəkkəb anatomik quruluşuna görə fərqlənir. Qarğıdalı (*Zea mays* L.) bitkisinin yarpaqları havada olan CO₂-ni fotosintezin C₄ yolu ilə mənimsəyir və bu zaman karbonun assimilyasiya prosesi iki tsiklə bölünür. Yarpaq daxilində bu iki tsiklin ayrılması iki ixtisaslaşmış fotosintetik hüceyrə vasitəsi ilə həyata keçirilir: ötürücü damarların ətrafında yığcam şəkildə yerləşən örtüktopu hüceyrələri (ÖTH) və onların da əhatə olunduğu mezofil hüceyrələri (MH) [1, 2]. Mezofil hüceyrələrində fosfoenolpiruvatkarboksilaza (FEPK) fermenti ilkin fəaliyyət göstərərək, CO₂ qazını fosfoenolpiruvatla (FEP) birləşdirir və dörd karbonlu 2 əsaslı oksalasetat turşusu əmələ gəlir. Oksalasetat malata, yaxud aspartata çevrilir ki, bu proses onların örtüktopu hüceyrələrində baş verir. Əmələ gələn CO₂ qazı C₃-tsiklində Rubisko tərəfindən tutulur [3, 4]. Bu iki tsiklin hüceyrə səviyyəsində ayrılması, Rubiskoya CO₂ ilə daha zəngin mühitdə işləmək imkanı verir, fototənəffüsü məhdudlaşdırır və CO₂ -nin fotosintetik assimilyasiyasını artırır. Bu baxımdan, mezofil və örtük topa hüceyrələrində fotosintez prosesinin mexanizmlərinin aydınlaşdırılması böyük elmi maraq kəsb edir. Təqdim olunan işin əsas məqsədi – qarğıdalı yarpaqlarından ayrılmış assimilyasiyaedici toxumalarda (MH və ÖTH) xloroplastların fotosintetik piqmentlərin miqdarını, xlorofilin (Xl) maye azot temperaturunda (77K) fluoressensiya emissiya

spektrinin müqayisəsi, xloroplastların fotokimyəvi fəallığı və elektron mikroskopu vasitəsi ilə anatomik-morfoloji quruluşunu müqayisəli şəkildə tədqiq etməkdir.

Material və metodlar. Tədqiqat obyektı olaraq taxıllar fəsiləsindən C₄ NADF-ME yarımqrupuna aid olan qarğıdalı (*Zea mays* L.) bitkisinin Zaqatala – 68 sortundan istifadə olunmuşdur. Təcrübələrdə 28 günlük cücərtildərdən istifadə edilmişdir. Bitkilər torpaqda nəzarət olunan kameralarda (fotoperiod - 14/10 saat, t - 26°C/14°C, işığın intensivliyi - 3000 lüks) yetişdirilmişdir. Assimilyasiyaedici toxumaların (MH və ÖTH) subhüceyrə fraksiyalarının ayrılması Quliyev və əməkdaşlarının işləyib hazırladığı metoda əsasən aparılmışdır [5]. Bu məqsədlə 25 mM HEPES buferi (pH 7,8), 0,3 M saxaroza, 1 mM EDTA-Na, 0,2 % BSA, 15-20 mM 2-merkaptotanol tərkibinə malik olan bufer məhlulundan (bufer A) istifadə edilmişdir.

Fotosintetik piqmentlərin miqdarının təyini: Piqmentlər qarğıdalı bitkisinin assimilyasiyaedici toxumalarından (MH və ÖTH) 80%-li asetona-Tris məhlulu (80:20, pH=7,8) ilə ekstraksiya olunaraq udma spektrlərinə uyğun olaraq, xlorofil a və b 663, 647 nm dalğa uzunluqlarında spektrofotometrik (ULTROSPEC 3300 PRO "Amersham", USA) ölçülmüşdür. Piqmentlərin miqdarı Sims və Gammon [8] metodikasına uyğun olaraq təyin edilmişdir.

Fluoressensiya spektrinin ölçülməsi: Xlorofilin fluoressensiya (F) spektrinin ölçülməsi maye azot temperaturunda (77K) Hitaci-850 (Japan) fluoressensiya spektrofotometrindən istifadə etməklə aparılmışdır. Xlorofilin həyəcanlanma dalğasının uzun-

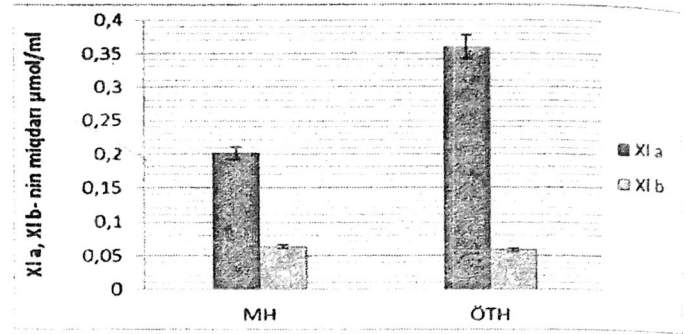
luğu 440 nm, emissiya spektri isə 650 - 800 nm dalğa uzunluğunda qeyd edilmişdir [9].

Fotosistem I və Fotosistem II-nin fəallığının təyini: Qarğıdalının assimilyasiyaedici toxumalarından ayrılmış xloroplastların fotokimyəvi fəallığı Klark tipli qapalı platin elektrodu vasitəsilə amperometrik cihazda polyaroqrafik metodla oksigenin udulması və ya ayrılmasına əsasən təyin olunmuşdur [8]. Fotosistem II-nin (FS II) fəallığı $H_2O \rightarrow K_3Fe(CN)_6$ sistemində, Fotosistem I-in (FS I) fəallığı isə $DXFIF \cdot H \rightarrow MV$ sistemində təyin edilmişdir. 3ml-dən ibarət reaksiya qarışığının tərkibində 80 mM saxaroza, 10 mM NaCl, 10 mM $MgCl_2$, 30 mM tris-HCl buferi (pH 7,4) olmuşdur. Xloroplastların miqdarı 100 mkq xlorofilə görə hesablanmışdır. Xlorofilin miqdarı (Xl a+b) və Xl a/Xb nisbəti 80 %-li aseton ekstraktında spektrofotometrik yolla Porra metoduna görə təyin edilmişdir [9].

Elektron mikroskopu vasitəsilə hüceyrələrin unltrastrukturun təyini: Nümunələr 0,1M fosfat buferində (pH 7,4) hazırlanmış 2%-li paraformaldehid, 2%-li qlüturaldehid və 0,1%-li pikrin turşusundan ibarət məhlulda fiksə olunmuşdur. Ən azı bir sutka həmin fiksatorada nümunələr qaldıqdan sonra, iki saat ərzində fosfat buferində (pH 7,4) hazırlanmış 1% -li osmium tetraoksid məhlulunda postfiksasiya edilir. Materialdan elektron mikroskopiyada qəbul olunmuş ümumi protokollar əsasında Araldit-Epon blokları hazırlanır (10). Bloklardan Leica EM UC7 ultramikrotomda alınmış yarımnazik (1-2 μ m) kəsiklər metilen abısı, azur II və əsası fiksinslə və ya toluoidin abısı ilə rənglənmiş, Promo Star (Zeiss) mikroskopunda baxılaraq lazımi hissələrin şəkilləri Canon D650 rəqəmli fotokamerası ilə çəkilmişdir (10). Eyni bloklardan alınmış 50-70 nm qalınlıqlı ultranazik kəsiklər əvvəlcə 2%-li uranil-asetat məhlulu, sonra NaOH-ın 0,1N qatılıqlı məhlulunda hazırlanmış 0,6%-li təmiz qurğuşun sitratla rənglənmişdir. Ultranazik kəsiklər 80-120 kv gərginlik altında JEM-1400 transmission elektron mikroskopunda tədqiq olunaraq elektronogrammlar çəkilmişdir. Təsvirin morfometrik analizi Almaniyanın «Olympus Soft Imaging Solutions GmbH» şirkəti tərəfindən hazırlanmış kompyuter proqramı (The TEM imaging platform) vasitəsilə TIF formatında çəkilmiş elektronogrammlarda yerinə yetirilmişdir.

Nəticələr və onların müzakirəsi. Fotosintetik piqmentlərin biokimyəvi tərkibinin analizi zamanı məlum olmuşdur ki, Xl a-nın miqdarı örtüktopu hüceyrələrində mezofillə müqayisədə daha yüksək qiymət almış və uyğun olaraq, örtüktopu hüceyrələrində - 0.36 μ mol/ml, mezofildə isə - 0.201 μ mol/ml təşkil etmişdir. Xl b-nin miqdarı isə əksinə, örtüktopu hüceyrələrinə nisbətən mezofil hüceyrələri xloroplastlarında daha yüksək qiymət almışdır. Lakin Xl a/b nisbəti qarğıdalı bitkisinin örtüktopu hüceyrələrində mezofil hüceyrələri ilə müqayisədə

yüksək qiymətə malik olmuşdur. Belə ki, bu kəmiyyət aqranal ÖTH-da 6.2, qranal MH-də isə 3.14 təşkil etmişdir (Şəkil 1). Analoji nəticələr başqa tədqiqat işlərində də alınmışdır [12,13].



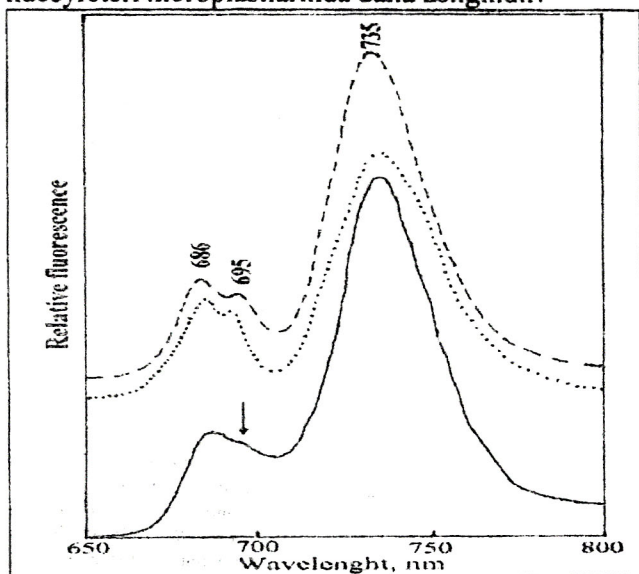
Şəkil 1. Qarğıdalının mezofil (MH) və örtüktopu (ÖTH) hüceyrələri xloroplastlarında Xl a və Xl b-nin miqdarının təyini.

Qarğıdalı yarpaqlarının mezofil və örtük topu hüceyrələrindən ayrılmış qranal və aqranal xloroplastların spektral xüsusiyyətləri maye azot temperaturunda (77K) fluoressensiya metodu ilə öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, yarpaqlarda və mezofil hüceyrələri xloroplastlarında xlorofilin aşağı temperaturu fluoressensiya (F) spektrində (77K) işıq toplayan kompleksin (İTK) və FS I və FS II komplekslərinin tərkibinə daxil olan 3 xlorofil forması mövcuddur: 686 nm, 695nm, 735 nm (Şəkil 2). Aşkar edilmişdir ki, qeyd edilən formalar qarğıdalının örtüktopu xloroplastlarında da vardır, lakin aqranal plastidlərin fluoressensiya spektrində 695 nm sahədə zolağın intensivliyi çox aşağıdır. FS II xlorofilzülal kompleksinə aid olan bu zolağın intensivliyinin aşağı olması örtük topu assimilyasiyaedici toxumaların xloroplastlarında işıqtoplayan antenna kompleksinin (İTK II) anatomik quruluşunun pozulması kimi izah etmək olar. Qeyd edilən zolağın miqdarının az olması ehtimal ki, qonşu tilakoidlər arasında qarşılıqlı təsir nöqtələrinin mövcudluğu ilə əlaqədardır. Digər ehtimala görə, fluoressensiya spektrində 695nm sahədə zolağın intensivliyinin aşağı olmasını örtük topu xloroplastlarında FS II-nin işıqtoplayan kompleksinin (İTK II) miqdarının az olması, eləcə də FS II və FS I arasında zəif elektron-nəqliyyat daşınması ilə izah etmək olar (Şəkil 2).

Eyni zamanda, tədqiqat işində MH və ÖTH hüceyrələrindən ayrılmış xloroplastlarda FS I və FS II nin fotokimyəvi fəallığı polyaroqrafik metodla platin tipli qapalı elektrod vasitəsilə oksigenin ayrılması və ya udulmasına görə ölçülmüşdür.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, fotosistem II-nin fəallığı mezofil hüceyrələrindən ayrılmış xloroplastlarda 167 μ mol $O_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ xlorofil $\cdot s^{-1}$, örtüktopu hüceyrələrində isə 34 μ mol $O_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ xlorofil $\cdot s^{-1}$ təşkil etmişdir. Göründüyü kimi, mezofil hüceyrələri xloroplastları ilə

muqayisədə, örtüktopa hüceyrələrində FS II-nin fəallığı təqribən 5 dəfəyə qədər aşağıdır (Cədvəl 1). Uyğun nəticələr digər tədqiqatlarda da alınmışdır [2,12]. Cədvələ əsasən, mezofil hüceyrələrindən ayrılmış xloroplastlarda FS I-in fəallığı $150 \mu\text{mol O}_2 \cdot \text{mq}^{-1} \text{ xlorofil} \cdot \text{s}^{-1}$, örtüktopa hüceyrələrin xloroplastlarında isə $720 \mu\text{mol O}_2 \cdot \text{mq}^{-1} \text{ xlorofil} \cdot \text{s}^{-1}$ təşkil etmişdir. Alınan nəticələrdən görünür ki, FS I mezofil hüceyrələri ilə müqayisədə örtüktopa hüceyrələri xloroplastlarında daha zəngindir.



Şəkil 2. Qarğıdalının yarpaq (—), mezofil (---) və örtük topa (—) xloroplastlarında xlorofilin 77 K-də fluorensensiya spektri (xlorofilin həyəcanlanma dalğasının uzunluğu 440nm).

Cədvəl 1.

Qarğıdalının mezofil (MH) və örtüktopa (ÖTH) hüceyrələrindən ayrılmış xloroplastlarda FS I və FS II-nin fotokimyəvi fəallığı ($\mu\text{mol O}_2 \cdot \text{mq}^{-1} \text{ xlorofil} \cdot \text{s}^{-1}$)

Nümunələr	FS II $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	FS I $\text{DCPIP H} \rightarrow \text{MV}$
Mezofil hüceyrələri (MH)	$167 \pm 14,1$	$150 \pm 7,6$
Örtük topa hüceyrələri (ÖTH)	$34 \pm 2,9$	$720 \pm 18,8$

Tədqiqat işində qarğıdalı yarpaqlarının MH və ÖTH-nin anatomik quruluşu elektron mikroskop vasitəsilə analiz edilmişdir. Şəkil 3-dən görüldüyü kimi, normal şəraitdə yetişdirilmiş yarpaqların mezofil hüceyrələrinin xloroplastları yaxşı inkişaf etmiş qranal quruluşa malik tilokoid membranlarına və az miqdarda nişasta dənəciklərinə malikdir.

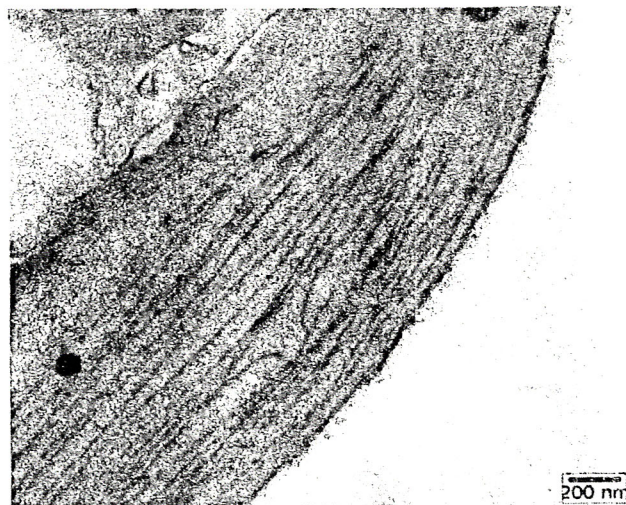


500 nm



Şəkil 3. Qarğıdalı yarpaqlarının mezofil hüceyrələri xloroplastlarının elektron mikroskopu vasitəsi ilə anatomik quruluşu.

Şəkil 4-də isə qarğıdalı bitkisinin örtüktopa hüceyrələrinin xloroplastlarının elektron mikroskopu quruluşu təsvir edilmişdir. Göründüyü kimi qarğıdalı bitkisinin örtüktopa xloroplastları C4 bitkilərində olduğu kimi, tipik NADF-ME strukturuna malikdir, tilakoid membranlarının aqranal quruluşu vardır və nişasta dənəcikləri ilə zəngindir. Alınmış nəticələr digər tədqiqatçıların işlərində də müşahidə olunmuşdur [16].



200 nm



1 μm

Şəkil 4. Qarğıdalı yarpaqlarının örtüktopa hüceyrələrinin xloroplastlarının elektron mikroskopu vasitəsi ilə anatomik quruluşu.

Bizim aldığımız ilkin nəticələrə, eləcə də ədəbiyyat məlumatlarına görə C3 və C4 ali bitkilərin xloroplastları, əsasən, biokimyəvi tərkibinə, hüceyrədə yerinə yetirdiyi funksiyasına və lokalizasiyasına görə əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən qran və stroma lamellərindən ibarətdir. Qran lamellərində, əsasən, FS II, stroma lamellərində isə FS I və ATF-sintaza kompleksləri lokalizə olunmuşdur. FS I qrandə NADF-in əmələ gəlməsi üçün xətti elektron axınında FS II ilə müştərək funksiyasından başqa, stroma lamellərində lokalizasiya olunan FS I elektron daşınmasında müstəqil fəaliyyət göstərərək tsiklik fosforlaşmanı həyata keçirir (7). Mezofil xloroplastların fərqli forması NADF- ME tipli C4 – bitkilərin örtüktopə xloroplastlarında mövcuddur ki, burada stromada olduğu kimi FS II pigment-zülal kompleksinin miqdarı azdır, lakin FS I – lə zəngindir. Örtüktopə xloroplastlarının əsas funksiyası ATF-in generasiyasını həyata keçirməkdən, mezofil

xloroplastları isə CO₂ – nin assimilyasiyası üçün reduksiyaedici agentin formalaşmasında əsas rol oynayır [13]. Ədəbiyyat məlumatlarına görə, NADF-ME tipli birləpəllərdən olan sorqo və şəkər qamışı (*Saccharum officinarum*) bitkilərində FS II-nin fəallığı aqranal örtüktopə xloroplastlarında mezofil xloroplastları ilə müqayisədə 1% az olmuşdur. Lakin qarğıdalının ÖTH xloroplastlarında FS II-nin fəallığı mezofil hüceyrəsi xloroplastlarına nisbətən 3% az olmuşdur [14,15].

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində qarğıdalı yarpaqlarının qranal mezofil və aqranal örtüktopə assimilyasiyaedici toxumalarından ayrılmış xloroplastların müqayisəli tədqiqi zamanı müəyyən edilmişdir ki, qeyd olunan subhüceyrə fraksiyaları fotosintetik pigmentlərin miqdarına, FS I və FS II – nin fotokimyəvi fəallığına, xlorofilin fluorensensiya emissiyası spektrinə (77 K) və anatomik -morfoloji strukturuna görə əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənirlər.

ƏDƏBİYYAT

- Hibberd J., Sheehy J., Langdale J. (2008) Using C₄ photosynthesis to increase the yield of rice-rationale and feasibility. *Current Opinion in Plant Biology*, 11: 228-231.
- Langdale J. (2011) C₄ cycles: past, present, and future research on C₄ photosynthesis. *The Plant Cell*, 23(11): 3879-3892.
- Edwards G.E., Walker D.A. (1983) C₃, C₄ mechanisms and cellular and environmental regulation, of photosynthesis. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 327-3414.
- Hatch M.D. (1987) C₄ photosynthesis: a unique blend of modified biochemistry, anatomy and ultrastructure. *Biochim. Biophys. Acta*, 895: 81-106.
- Guliyev N.M., Babayev Q.H., Bayramov Sh. M., Aliyev J.A. (2003) Purification and localization of two forms of carbonic anhydrase of *Amaranthus cruentus* leaves. *Plant Physiology*, 50(2): 213-219.
- Guseinova I.M., Suleymanov S.Y., Aliyev J.A. (2001) Regulation of chlorophyll-protein complex formation and assembly in wheat thylakoid membrane. *J. of Biochem. and Mol. Biol.*, 34: 496-501.
- Porra R.J., Thompson W.A., Kriedemann P.E. (1989) Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentrations of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochimica et Biophysica Acta*, 975: 384-394.
- Sims D.A., Gamon J.A. (2002) Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, 81: 337-354.
- Huseynova I.M., Suleymanov S.Y., Rustamova S.M., Aliyev J.A. (2009) Drought-induced changes in photosynthetic membranes of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Biochemistry (Moscow)*, 74(8): 903-909.
- Kuo J. Electron microscopy: methods and protocols. Totowa: Humana Press, 2007, 625 p.
- D'Amico, F. (2005). A polychromatic staining method for epoxy embedded tissue: a new combination of methylene blue and basic fuchsin for light microscopy. *Biotechnic & Histochemistry*, 80(5-6), 207-210.
- Johnson G.N. (2011) Reprint of: Physiology of PSI cyclic electron transport in higher plants. *Biochim. Biophys. Acta*, 1807: 906-911.
- Laetsch W.M. (1971) Chloroplast structural relationships in leaves of C₄ plants. In: *Photosynthesis and Photorespiration* (M.D.Hatch, C.B.Osmond, R.O.Slatyer, eds.). New York: Wiley-Interscience, pp. 323-349.
- Ku S.B., Gutierrez M., Kanai R. Edwards G.E. (1974) Photosynthesis in mesophyll protoplasts and bundle sheath cells of various types of C₄ plants. *Z. Pflanzenphysiol.*, 72: 320-337.
- Laetsch W.M. (1971) Chloroplast structural relationships in leaves of C₄ plants. In: *Photosynthesis and Photorespiration* (M.D.Hatch, C.B.Osmond, R.O.Slatyer, eds.). New York: Wiley-Interscience, pp. 323-349.
- Hasan, R., Kawasaki, M., Taniguchi, M., & Miyake, H. (2006) Salinity stress induces granal development in bundle sheath chloroplasts of maize, an NADP-malic enzyme-type C₄ plant. *Plant production science*, 9(3), 256-265.

Сравнительное исследование функциональных особенностей и ультраструктуры хлоропластов выделенных из листьев кукурузы мезофильных и обкладочных клеток

N.X. Alieva

Основная цель данной работы является сравнительное изучение хлоропластов, выделенных из ассимилирующих тканей мезофилла и паренхимной обкладки сосудистых пучков растения кукурузы. Показано, что в низко температурных спектрах флуоресценции (F) при 77K листьев и мезофильных клеток кукурузы имеются 3 максимума в области 686 нм, 695 нм и 735 нм, характеризующие светособирающего комплекса и комплексов ФС I и ФС II. Обнаружено, что эти максимумы хлорофилла существуют и в хлоропластах паренхимной обкладки кукурузы, однако в спектре флуоресценции агральных пластид остается только следы полосы в области 695 нм. По результатам наших исследований показано, что в клетках паренхимной обкладки фотохимическая активность ФС II приблизительно в 5 раз меньше, чем хлоропласты клеток мезофилла. Анализ ультраструктуры листьев с помощью электронного микроскопа показал, что клетки мезофилла и оболочки пучка значительно отличаются друг от друга.

Ключевые слова: *Zea mays*, мезофил, обкладка, хлоропласт, FS I, FS II, флуоресценция

Comparative study functional features and ultrastructure of chloroplasts isolated from mesophyll and bundle sheath cells of the corn (*zea mays* L.)

N.Kh. Aliyeva

The main goal of the present work is to comparatively analyze the spectral and functional characteristics of mesophyll (M) and bundle sheath (BS) chloroplasts of maize. The chlorophyll fluorescence spectra (77K) in maize leaves and mesophyll cells showed the presence of three maxima at 686, 695 and 735 nm characteristic of light-harvesting complex, PS II and PS I complexes, accordingly. It is shown that these three maxima are also present in maize bundle sheath chloroplasts. However, in the fluorescence spectrum of agranal plastids, there are almost traces of the band at 695 nm. The research results revealed that the activity of PS II in BS cells is approximately 5 times less than in the chloroplasts of M cells. Analysis of leaf ultrastructure by electron microscope showed that mesophyll and bundle sheath cells significantly different from each other.

Keywords: *Zea mays*, mesophyll, bundle sheath, chloroplasts, PSI, PSII, chlorophyll, fluorescence