

PRESTIŽNA SELEKCIJA I SEMENARSKA SVOJSTVA SAMOOPLODNIH LINIJA I HIBRIDA KUKURUZA RELEVANTNA ZA SAVREMENU PROIZVODNJU HIBRIDNOG SEMENA I MERKANTILNOG KUKURUZA*

RADENOVIĆ Č., FILIPOVIĆ M., DELIĆ N., SELAKOVIĆ D., ANĐELKOVIĆ VIOLETA,
BABIĆ VOJKA, JOVANOVIĆ Ž., MILAŠINOVIĆ MARIJA, ČAMDŽIJA Z.

IZVOD: U ovom radu potvrđuje se hipoteza da postoje samooplodne linije i hibridi kukuruza čija su svojstva prestižna i relevantna u savremenoj proizvodnji hibridnog semena i merkantilnog kukuruza. Proučavane samooplodne linije i hibridi kukuruza smatraju se prestižnim, pre svega, pošto poseduju svojstvo bržeg otpuštanja vode iz zrna u periodu sazrevanja i svojstvo efikasnog fotosintetično-fluorescentnog fotomodela. Izloženi rezultati o dinamici otpuštanja vode iz zrna u periodu sazrevanja i o fotosintetično-fluorescentnim pokazateljima: temperaturnoj zavisnosti intenziteta zakasnele fluorescencije (ZF) blorofila, Arrhenijus-ovim kriterijumom za određivanje kritičnih temperatura (temperature faznih prelaza), energija aktivacije i veličine ugla između lista na klipu i stabljike kukuruza, pokazuju da su svojstva proučavanih linija i hibrida zasnovana na dobrim efektima i prirodni strukturnih i funkcionalnih promena, koje se odigravaju u njihovim tilakoidnim membranama i drugim hemijskim strukturama tkiva zrna i lista. U radu se analiziraju i druga relevantna selekciona i semenarska svojstva za proučavane linije i hibride kukuruza bitna za savremenu proizvodnju kvalitetnog hibridnog semena i visokoprinosnog merkantilnog kukuruza.

Ključne reči: Zea mays L., samooplodna linija, tilakoidna membrana, adaptivnost, suša, otpuštanje vode iz zrna, transportni procesi, zakasnela fluorescencija blorofila

UVOD: U sadašnje vreme postaje neminovnost da se povezuju složeni procesi osnovnih, multidisciplinarnih i primenjenih nauka. U ovom radu, takvo nastojanje ostvaruje se između oplemenjivanja, fotosinteze, fluorescencije, biofizičke hemije i semenarstva kod izabranih samooplodnih linija kukuruza. U radu se, ukratko, analiziraju razvojni putevi dominantnih procesa za navedene naučne discipline i pronalaze funkcionalna mesta njihove efikasne i međusobne zavisnosti.

Oplemenjivanje i semenarstvo kukuruza intenzivno su se razvijala u poslednjih 60

godina. Kao rezultat takve aktivnosti stvoreno je preko 1200 hibrida kukuruza za zrno i silažu. Obezbeđeni su i savremeni tehničko-tehnološki preduslovi za obavljanje modernog procesa oplemenjivanja i savremene proizvodnje hibridnog semena kukuruza, Duvick (1984), Trifunović (1986), Ivanović i sar. (1995) Radenović and Somborac, (2000). Bez obzira na takav kolosalan uspeh u oplemenjivanju i proizvodnji hibridnog semena kukuruza, zamah i zanos ukupnih istraživanja se ne usporava, već se naprotiv, dalje traga za novim metodama i egzaktnijim pristupima kako bi se proučavanja u

Originalni naučni rad (Original scientific paper)

¹Prof. dr ČEDOMIR RADENOVIĆ, naučni savetnik, dr MILOMIR FILIPOVIĆ, naučni saradnik, dr NENAD DELIĆ, naučni saradnik, dr DRAGOJLO SELAKOVIĆ, naučni saradnik, dr VIOLETA ANĐELKOVIĆ, naučni saradnik, mr VOJKA BABIĆ, dr ŽIVOTA JOVANOVIĆ, viši naučni saradnik, mr MARIJA MILAŠINOVIĆ, dipl. ing. ZORAN ČAMDŽIJA, Institut za kukuruz Zemun Polje", Beograd, Srbija.

* Ovaj rad autori posvećuju uspomeni i dugom sećanju na lik i delo prerano preminulom dr Obradu Z. Stojniću, jednom od najtalentovanih selekcionera kukuruza u Srbiji

oplemenjivanju i semenskoj proizvodnji kukuruza još više upotpunila i obogatila. Naši metodi o fotosintetično-fluorescentnim i transportnim proučavanjima, dobar su primer takvih nastojanja u oplemenjivanju i proizvodnji hibridnog semena kukuruza, Radenović i sar. (2000), Radenović et al. (2001a), Radenović et al. (2007b).

Razvojni put istraživanja fotosinteze kukuruza bio je znatno drugačiji. Naime, iako su fotosintetični procesi veoma rašireni, po intenzitetu visoko produktivni, po svojoj prirodi vrlo kompleksni, a po naučnoj aktuelnosti mnogo izučavani, oni nisu našli značajniju aplikaciju u oplemenjivanju i prizvodnji hibridnog semena kukuruza. Gotovo da nije bilo moguće dati jasnu i direktnu međuzavisnost između fotosinteze, oplemenjivanja i semenske proizvodnje kukuruza. Takvo stanje je verovatno posledica postojanja više funkcionalnih međuzavisnosti koje objedinjuju strukturno-dinamične promene unutar hloroplasta i njihovih tilakoidnih membrana, sa jedne, i delovanja brojnih faktora spoljašnje sredine na njih, sa druge strane, Radenović i sar. (2003a), Radenović et al. (2004), Radenović et al. (2007b), Radenović i sar. (2007c).

Metodi istraživanja biofizičke hemije su u velikoj meri doprineli raznovrsnom povezivanju izučavanja fotosintetičnih i transportnih procesa u tilakoidnoj membrani i u različitim hemijskim strukturama zrna sa procesima fluorescentne spektroskopije, hemijske kinetike i dinamike otpuštanja vode iz zrna u periodu njegovog sazrevanja, Radenović (1994), Radenović (1998), Radenović i sar. (2007a), Radenović et al. (2007b), Rubin et al. (1988).

Zakasnela fluorescencija (ZF) hlorofila se fenomenološki može opisati kao pojava svetljenja (bioluminescencija) živih sistema: bakterija, algi i viših biljaka (kukuruz) u crvenoj oblasti spektra, neposredno nakon intermitentnog osvetljavanja (pobuđivanja) intaktnog lista, Radenović (1992), Radenović (1994), Radenović (1997), Marković et al. (1987), Marković et al. (1993), Marković et al. (1996), Marković et al. (1999). ZF hlorofila su otkrili Strehler and Arnold (1951) pokušavajući da razjasne prirodu indukovanog svetljenja u vidu bioluminescencije. Brojna proučavanja, pogotovu poslednjih dvadeset i pet godina, Jursinic et al. (1982), Jursinic (1986), Marković i sar. (1996), Marković et al.

(1999), Veselovski and Veselova (1990), Radenović (1992), Radenović (1994), Radenović (1997), Radenović et al. (1994a), Radenović et al. (1994b), Radenović i sar. (2000), Radenović et al. (2001a), Radenović i sar. (2001b), Radenović et al. (2002a), Radenović i sar. (2002b), Radenović i sar. (2003a), Radenović i sar. (2003b), Radenović et al. (2004) otkrila su direktnu povezanost ZF hlorofila sa fotosintetičnim procesima u kojima se ZF hlorofila smatra njihovim nezaobilaznim indikatorom - osetljivom "sondom" za eksperimentalna fotosintetično-fluorescentna proučavanja kod intaktnog lista kukuruza, Radenović (1992), Radenović (1994), Radenović (1997), Radenović et al. (1994a), Radenović et al. (1994b), Radenović i sar. (2000), Radenović et al. (2007b), Radenović i Jeremić (1996), Marković et al. (1987), Marković et al. (1993), Marković i sar. (1996), Marković et al. (1999), Kalauzi et al. (2006). Tako, već danas, ZF hlorofila služi kao efikasno sredstvo, odnosno kao savremeni metodski postupak pri proučavanju određenih, često vrlo složenih fotoprocasa u "svetloj" fazi fotosinteze. U vezi sa ovim pristupom, kao vrlo aktuelna naučna pitanja, smatraju se termalni procesi ZF hlorofila. U sklopu navedenog neizbežno se nameće pitanje o energiji aktivacije i kritičnim temperaturama unutar dešavanja ukupnih termalnih procesa ZF hlorofila Radenović i sar. (2000), Radenović i sar. (2003a), Radenović et al. (2004), Radenović et al. (2007b), Radenović i sar. (2007d).

U vezi sa napred iznetim, kao vrlo aktuelna naučna pitanja smatraju se fotosintetično-fluorescentna proučavanja fotomodela termalnih procesa ZF hlorofila na intaktnom listu proučavanih prestižnih linija kukuruza, sa namerom da se utvrde kritične temperature na kojima dolazi do strukturnih i funkcionalnih promena u tilakoidnoj membrani i da se obračunaju energije aktivacije u njima. Isto tako, cilj ovih proučavanja bio je da se utvrdi dinamika otpuštanja vode iz zrna u periodu sazrevanja, ali i da se analiziraju brojna relevantna selekciona i semenarska svojstva prestižnih samooplodnih linija i hibrida kukuruza.

Materijal i metode

Biljni materijal

Ispitivane su dve samooplodne linije kukuruza: ZPPL 62 i ZPPL 233, obe iz kolekcije

Instituta za kukuruz "Zemun Polje". Linija ZPPL 62 učestvuje kao jedna od komponenata u hibridima ZP 260, ZP 341, ZP 360 i ZP 434. Linija ZPPL 233 je uključena kao komponenta u hibrid ZP 578. Obe ove linije imaju svojstvo bržeg otpuštanja vode iz zrna u periodu sazrevanja, zadovoljavajuću tolerantnost na delovanje viših i visokih temperatura i suše. Pored toga, obe linije imaju svojstvo fotomodela i uspravan položaj listova. Isto tako, razmatraju se opšte i posebne karakteristike prestižnih samooplodnih linija: ZPPL 62 i ZPPL 233 i hibrida kukuruza: ZP 341, ZP 434 i ZP 578.

Metode

1. Veličina ugla i lisna površina

Pomoću specijalno konstruisanog uglo-mera izvršeno je merenje veličine ugla između pravca prostiranja lista na klip i pravca prostiranja stabljike samooplodnih linija kukuruza. Za merenje lisne površine korišćen je aparat Portable area meter, model LI-3000. Veličine ugla između lista na klip i stabljike i veličine lisne površine utvrđene su u trogodišnjim merenjima na 240 biljaka za svaku samooplodnu liniju. Ovi metodski postupci opisani su u radovima, Radenović et al. (2004), Radenović et al. (2007b).

2. Dinamika promene stanja vode u zrnu

Dinamika promene stanja vode u periodu sazrevanja zrna kod prestižnih samooplodnih linija kukuruza praćena je primenom termičke metode sušenja zrna do konstantne težine na temperaturi od 105°C. Za ova merenja uziman je prosečan uzorak zrna sa pet klipova. Za merenje stanja vode u zrnu birane su biljke kod kojih je došlo do pojave crnog sloja u zrnu, odnosno do stanja fiziološke zrelosti. Merenje promene stanja vode u zrnu vršeno je posle 7 dana i trajalo je 35 dana. Ispitivanje dinamike transportnih procesa (otpuštanje vode iz zrna) u periodu njegovog sazrevanja trajalo je ne kraće od pet godina. Do ovakvog dugog merenja dolazilo je zbog velike nestabilnosti ovog svojstva kod većine samooplodnih linija kukuruza, Radenović i sar. (2008a), Radenović i sar. (2008b).

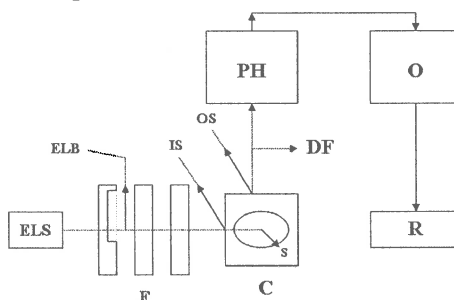
3. Fotosintetično-fluorescentna merenja

Fotosintetično-fluorescentna merenja uključivala su termičke procese ZF hlorofila, energiju aktivacije i kritične temperature (temperature faznih prelaza). Za ova proučavanja ispitivane prestižne linije kukuruza su

gajane u oglednom polju Instituta. Biljke kukuruza su donošene u laboratoriju iz oglednog polja ujutro, između 7:00 i 8:00 časova. Prilikom uzimanja iz oglednog polja biljke su koso zasecane na prizemnoj internodiji. U laboratoriji su biljke držane tako što su bile postavljene u vodu po dužini jedne internodije. Dva časa pre fluorescentnog eksperimenta biljke su držane u staklenom zvonu crne boje. Sa takvih biljaka je uziman segment intaktnog lista na klip i stavljan je u komoru fosforoskopa. U ovim eksperimentima, segmenat lista je držan u komori (u mraku) najmanje 15 minuta. Ova ispitivanja vršena su na 280 biljaka za svaku samooplodnu liniju.

Sl. 1. Principijelna shema fotosintetično-fluorescentnog metoda i aparature za merenje zakasnele fluorescencije hlorofila: ELS - izvor eksitirajuće svetlosti; F - filtri; ELB - eksitirajući zrak; IS - ulazni prorez u mračnu komoru; C - mračna komora sa postoljem za uzorak; s - uzorak (segment intaktnog lista); OS - izlazni prorez iz mračne komore; DF - luminiscentna svetlost (zakasnela fluorescencija); PH - fotomultiplikator; O - osciloskop; R - registrator (pisač).

Fig. 1. Experimental setup of the photosynthetic fluorescence method and measuring equipment for delayed chlorophyll fluorescence: ELS - excitation light source; F - filters; ELB - excitation light beam, IS - input dark chamber slot, C - dark chamber with a sample stand; s - sample (intact leaf segment), OS - output dark chamber slot, DF - luminescent light (delayed fluorescence), PH - photo-multiplier; O - oscilloscope, R - printer



Poboljšani, neinvazivni fotosintetično-fluorescentni metod za merenje ZF hlorofila

shematski je prikazan na Sl. 1. Ovaj metod razvijen je i više puta poboljšavan u Institutu za kukuruz "Zemun Polje". Fotosintetično-fluorescentna merenja vršena su po metodi koji je u principu i pojedinostima opisan u radovima, Radenović (1992), Radenović (1994), Radenović (1997), Marković i sar. (1996), Radenović et al. (2001a), Radenović et al. (2002a), Radenović et al. (2007b).

Metode koje su korišćene za određivanje fizičkih karakteristika (hektolitarska masa, gustina, udeo meke i tvrde frakcije endosperma) i hemijskog sastava zrna (sadržaj skroba, proteina i ulja) opisane su detaljnije u ranije objavljenom radu, Radosavljević i sar. (2000).

4. Analiza selekcionih i semenarskih svojstava prestižnih samooplodnih linija i hibrida

Pored već izloženih istraživanja, daje se još i širi pregled relevantnih selekcionih i seme-

narskih svojstava i parametara ispitivanih prestižnih samooplodnih linija i hibrida kukuruza.

Rezultati istraživanja

1. Veličina ugla i lisne površine prestižnih samooplodnih linija kukuruza

Rezultati veličine ugla između lista na klip i stabljike, kao i prosečne lisne površine, dati su u Tabeli 1. Iz dobijenih rezultata za veličinu ugla sledi da proučavane prestižne samooplodne linije kukuruza spadaju u grupu linija sa uspravnim položajem listova. Međutim, lisna površina nema karakteristike koje bi posebno odlikovale proučavane prestižne samooplodne linije kukuruza.

Tab. 1. Ugao lista na klip i lisna površina prestižnih inbred linija kukuruza

Inbred linija Inbred line	FAO grupa zrenja FAO mat. group	Heterotično poreklo Heterotic origin	Ugao lista na klip Ear leaf angle		Lisna površina lista na klip Ear leaf area (cm ²)	
1. ZPPL 62	350	Zemun Polje - BSSS	21,940	1.442	4607,63	649,43
2. ZPPL 233	500	Zemun Polje - Lankaster	24,530	1.341	5660,10	612,88

2. Temperaturna zavisnost i vremenski parametri termalnih procesa zakasnele fluorescencije hlorofila proučavanih prestižnih linija kukuruza

Vršeno je ispitivanje uticaja temperature, u opsegu od 15 do 60°C, na dinamiku promene stacionarnog nivoa ZF hlorofila. Kriva koja pokazuje dinamiku promene intenziteta stacionarnog nivoa ZF hlorofila u zavisnosti od temperature naziva se termalna kriva. Trend njenog uspostavljanja dat je na Sl. 2. Međutim, konkretni rezultati temperaturne zavisnosti ZF hlorofila, za obe ispitivane prestižne inbred linije kukuruza, dati su na slikama Sl. 3 i 4. Ispitivanjem toka termalne krive i analizom trajanja pojedinih segmenata pokazuje se da postoji više kritičnih temperatura (temperatura faznih prelaza), na kojima dolazi do manjih ili većih strukturnih i funkcionalnih promena u tilakoidnoj membrani. Temperaturna zavisnost intenziteta ZF hlorofila značajan je fotosintetično-fluorescentni pokazatelj.

3. Arrhenijus-ov kriterijum za utvrđivanje kritičnih temperatura i strukturnih promena u tilakoidnoj membrani ispitivanih prestižnih linija

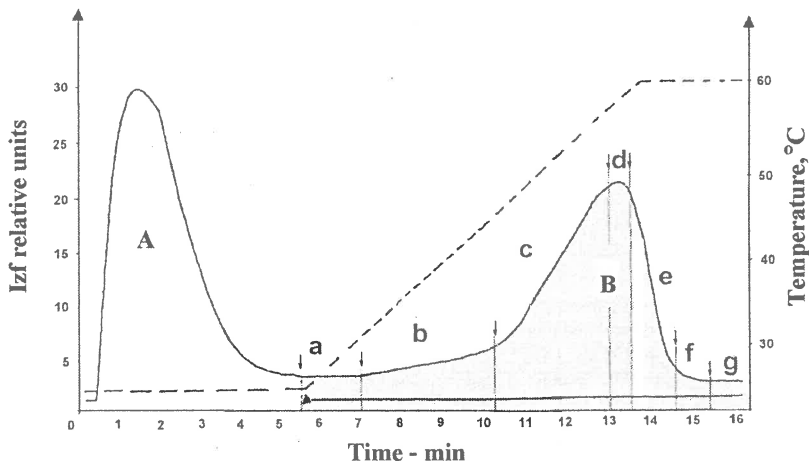
Primenom Arrhenijus-ovog kriterijuma o linearizaciji temperaturne zavisnosti ZF hlorofila utvrđene su kritične temperature (temperatura faznih prelaza) na kojima dolazi do strukturnih i funkcionalnih promena u tilakoidnoj membrani proučavanih prestižnih linija kukuruza. Rezultati primene Arrhenijus-ovog kriterijuma za proučavane prestižne linije kukuruza objavljeni su Radenović et al. (2008).

4. Energije aktivacije i kritične temperature u tilakoidnoj membrani proučavanih prestižnih linija

U sklopu ispitivanja termalne krive ZF hlorofila, pored temperaturne zavisnosti i Arrhenijusovog kriterijuma, izvršeno je obračunavanje veličina za energiju aktivacije i kritične temperature (temperatura faznih prelaza) u tilakoidnoj membrani ispitivanih prestižnih linija kukuruza. Rezultati ovih ispitivanja objavljeni su Radenović et al. (2008).

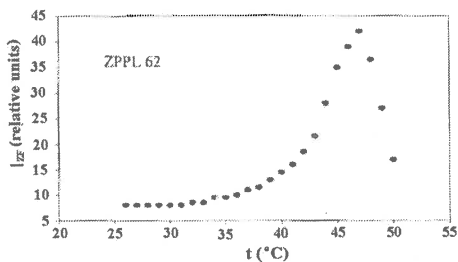
Sl. 2. Shematski prikaz tipičnih promena intenziteta zakasnele fluorescencije blorofila (I_{zf}) na intaktnom listu proučavanih prestižnih samooplodnih linija kukuruza (puna linija krive A i B) i promene temperature (isprekidana linija): Kriva A označava indukcione procese ZF blorofila, kriva B obuhvata fotosintetično-fluorescentne termalne procese ZF blorofila. Tipični vremenski segmenti (a, b, c, d, e, f i g) na termalnoj krivoj B odgovaraju dinamici promene I_{zf} u vremenu uspostavljanja ZF blorofila. Na mestu dodira tipičnih vremenskih segmenata dolazi do strukturnih i funkcionalnih promena u tilakoidnoj membrani.

Fig. 2. Schematic presentation of typical changes of DF intensities (I_{df}) on the intact leaf of the observed prestigious maize inbred lines (solid lines A and B) and changes of temperatures (dashed line): curve A indicates induction processes of DF, while curve B encompasses photosynthetic fluorescence thermal processes of DF. Typical temporal segments (a, b, c, d, e, f and g) on the thermal curve B correspond to dynamics of I_{df} changes at the time of a DF formation. Conformational and functional changes in the thylakoid membrane occur at interception points of typical temporal segments.



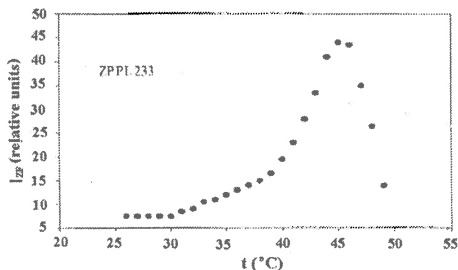
Sl. 3. Promena intenziteta zakasnele fluorescencije blorofila (I_{zf}) termalnih procesa u zavisnosti od delovanja temperature u tilakoidnoj membrani intaktnog lista prestižne samooplodne linije ZPPL 62.

Fig. 3. Changes of thermal processes of the chlorophyll DF intensities (I_{df}) depending on temperature impact in the thylakoid membrane of the intact leaf of the prestigious inbred line ZPPL 62.



Sl. 4. Promena intenziteta zakasnele fluorescencije blorofila (I_{zf}) termalnih procesa u zavisnosti od delovanja temperature u tilakoidnoj membrani intaktnog lista prestižne samooplodne linije ZPPL 233.

Fig. 4. Changes of thermal processes of the chlorophyll DF intensities (I_{df}) depending on temperature impacts in the thylakoid membrane of the intact leaf of the prestigious inbred line ZPPL 233.



5. Dinamika promene stanja vode u zrnu u periodu sazrevanja ispitivanih prestižnih linija

Dinamika promene stanja vode i njenog otpuštanja iz zrna u periodu sazrevanja ispitivanih linija kukuruza prestižno je svojstvo i

njemu se pridaje velika pažnja u procesu savremenog oplemenjivanja i proizvodnje hibridnog semena i merkantilnog kukuruza. Rezultati ovih proučavanja objavljeni su Radenović et al. (2008).

6. Analiza selekcionih i semenarskih svojstava prestižnih samooplodnih linija i hibrida kukuruza

Tab. 2. Relevantna selekciona i semenarska svojstva prestižnih samooplodnih linija i hibrida kukuruza

a) Prestižne samooplodne linije kukuruza

Red. br.	Selekciona i semenarska svojstva	Kraći opis i primena selekcionih i semenarskih svojstava	
		ZPPL 62	ZPPL 233
1	Heterotično poreklo	Zemun Polje - BSSS	Zemun Polje - Lankaster
2	FAO grupa zrenja	350	500
3	Karakteristike zrna	Linija ima zrno tipa zubana sa dosta antocijana po bokovima zrna	Linija ima zrno tipa polutvrduca narandžasto žute boje
4	% vode u zrnu u berbi	Berba linije je na 14,09	Berba linije je na 12,04
5	Dinamika otpuštanja vode iz zrna u periodu sazrevanja	Dnevno otpuštanje vode u periodu sazrevanja zrna u % 0,40	Dnevno otpuštanje vode u periodu sazrevanja zrna u % 0,44
6	Da li je linija pogodna za kreiranje hibrida za silažu?	Linija je veoma pogodna za kreiranje hibrida za silažu	Linija je veoma pogodna za kreiranje hibrida za silažu

b) Prestižni hibridi kukuruza (prosek trogod. rezultata: 2005, 2006, 2007)

Red. br.	Selekciona i semenarska svojstva	Kraći opis i primena selekcionih i semenarskih svojstava		
		ZP 341	ZP 434	ZP 578
1	Višegodišnji prinos sa 14% vlage (t/ha)	9,48	9,83	9,04
2	Optimalna gustina (x000; br.bilj/ha)	60-65	60-65	60
3	FAO grupa zrenja	300-350	400-450	500-550
4	Pogodnost hibrida za zrno ili silažu	pogodniji za proizvodnju zrna	pogodniji za proizvodnju zrna	podjednako pogodan za proiz. zrna i silaže
5	Karakteristike: - skrob (%) - protein (%) - ulje (%) - hekt. masa (kgm ⁻³) - gustina (gcm ⁻³) - stak./braš. endos.(%)	69,41,3 10,20,7 5,10,5 787,49,0 1,250,00 60,2/39,82,5	68,70,6 10,20,6 5,60,4 788,08,6 1,260,00 60,1/39,91,9	72,00,9 9,60,7 5,10,3 794,137,2 1,280,01 63,8/36,22,3

Tab. 2. Relevant breeding and seed production traits of prestigious inbred lines and hybrids of maize

a) Prestigious maize inbred lines

Ord. no.	Seed breeding and seed production traits	Brief description and application of seed breeding and seed production traits	
		ZPPL 62	ZPPL 233
1	Heterotic origin	Zemun Polje - BSSS	Zemun Polje - Lancaster
2	FAO maturity group	350	500
3	Grain properties	Kernel belongs to dent type and has plenty of anthocyanins on its flanks	Kernel belongs to semi-flint type and its colour is orange-yellow
4	% moisture in grain at harvest	Inbred is harvested at 14.09	Inbred is harvested at 12.04
5	Dynamics of grain dry down in the maturation period	Daily dry down at maturation is 0.40%	Daily dry down at maturation is 0.44%
6	Is the inbred suitable for the development of silage hybrids?	very suitable for the development of silage hybrids	very suitable for the development of silage hybrids

b) Prestigious maize hybrids (three year average 2005, 2006, 2007)

Ord. no.	Breeding and seed production traits	Brief description and application of breeding and seed production traits		
		ZP 341	ZP 434	ZP 578
1	long-term grain yield at 14% moisture (t ha ⁻¹)	9.48	9.83	9.04
2	Optimum density (x000; no. plants ha ⁻¹)	60-65	60-65	60
3	FAO maturity group	300-350	400-450	500-550
4	Hybrid suitability for grain or silage	suitable for grain produc. than for silage	suitable for grain produc. than for silage	equally suitable for grain produc. and silage
5	Traits: - starch (%) - protein (%) - oil (%) - test weight (kgm ⁻³) - density (gcm ⁻³) - corneous /floury endosperm (%)	69.41.3 10.20.7 5.10.5 787.49.0 1.250.00 60.2/39.82.5	68.70.6 10.20.6 5.60.4 788.08.6 1.260.00 60.1/39.91.9	72.00.9 9.60.7 5.10.3 794.137.2 1.280.01 63.8/36.22.3

Pored već izloženih rezultata istraživanja, daje se još i širi pregled opštih, posebnih i relevantnih svojstava i parametara ispitivanih prestižnih linija i hibrida kukuruza, Tabela 2.

Diskusija

U ovom radu, učinjen je pokušaj da se, posredstvom nekoliko različitih proučavanja i analiza, sagleda odgovor na pitanja. Prvo, da li danas postoje pouzdana i prestižna svojstva elitnih samooplodnih linija i hibrida kukuruza sa kojima se može postići planirani i zadovoljavajući progres u proizvodnji kvalitetnog hibridnog semena i visokoprinosnog merkantilnog kukuruza, i drugo, kakve bi to samooplodne linije i hibridi kukuruza mogli biti u

odnosu na priznata i relevantna selekciona i semenarska svojstva?

Bar delimični odgovor na postavljena pitanja moguće je potražiti preko kraćeg osvrt na navedena eksperimentalna istraživanja. Ukupna proučavanja samooplodnih linija kukuruza obuhvatala su četiri serije eksperimenata. Prva serija eksperimenata obuhvatala je utvrđivanje veličine ugla i lisne površine proučavanih prestižnih linija kukuruza, što ih shodno izloženim rezultatima (Tabela 1), takođe svrstava u značajna selekciona i semenarska svojstva, Radenović i sar. (2003a), Radenović et al. (2004).

Druga serija obuhvatala je fotosintetično-fluorescentna proučavanja strukturnih i funkcionalnih promena u tilakoidnoj mem-

brani intaktnog lista proučavanih prestižnih linija kukuruza. Termalna zavisnost procesa ZF hlorofila za ispitivane prestižne linije kukuruza data je u vidu trenda uspostavljanja (Sl. 2). Međutim, konkretni rezultati temperature zavisnosti ZF hlorofila, za obe ispitivane prestižne samooplodne linije kukuruza, dati su na slikama Sl. 3 i 4. Na taj način, utvrđene su ukupne termalne karakteristike fotosintetičnog aparata, Radenović i sar. (2000), Radenović et al. (2001a), Radenović i sar. (2003a), Radenović et al. (2007b), Radenović i sar. (2007c). Rezultati i diskusija izloženih parametara ukupnih termalnih procesa ZF hlorofila kao što su termalna zavisnost intenziteta ZF hlorofila, kritične temperature i energija aktivacije mogu doprineti egzaktnijem karakterisanju proučavanih linija kukuruza u odnosu na njihovu plastičnost, tolerantnost, otpornost i adaptivnost prema stresnim delovanjima temperature i suše, (Radenović i sar. (2000), Radenović i sar. (2003a), Radenović et al. (2007b), Radenović i sar. (2007c). Pokazana fotosintetično-fluorescentna svojstva ispitivanih linija mogu doprineti egzaktnijem, racionalnijem i bržem odvijanju procesa proizvodnje kvalitetnog hibridnog semena, Radenović i sar. (2003b), Radenović et al. (2004), što ih čini posebno značajnim.

Treća serija eksperimenata obuhvatala je termalna proučavanja specifičnog stanja vode u zrnu i dinamiku njenog otpuštanja iz njega u periodu sazrevanja. Transportni procesi i otpuštanje vode iz zrna u periodu njegovog sazrevanja je značajno i prestižno svojstvo i njemu se pridaje veliki ekonomski i naučni značaj, ne samo pri proučavanju i stvaranju linija i hibrida kukuruza, nego i pri organizovanju proizvodnje hibridnog semena kukuruza, Radenović (1998).

Za četvrtu seriju eksperimenata može se uzeti pregled i analiza relevantnih selekcionih i semenarskih svojstava i parametara proučavanih prestižnih samooplodnih linija i hibrida kukuruza, Tabela 2. Rezultati te analize upotpunjuju napred izložene rezultate proučavanja i doprinose unapređenju proizvodnje kvalitetnog hibridnog semena i visokoprosnog merkantilnog kukuruza.

Zaključak

Na osnovu izloženih rezultata istraživanja i njihove diskusije može se konstatovati da se neinvazivni fotosintetično-fluorescentni me-

tod može uspešno primeniti u oplemenjivanju i proizvodnji hibridnog semena kukuruza radi utvrđivanja ocene prestižnih samooplodnih linija kukuruza na plastičnost, tolerantnost, otpornost i adaptiranost prema višim i visokim temperaturama, kao i prema suši. Isto tako, primena i ostalih metodskih postupaka bila je neophodna radi utvrđivanja i drugih karakteristika i parametara fotosintetičnog aparata proučavanih prestižnih linija i hibrida kukuruza.

Pokazano je da prestižne linije poseduju svojstvo uspravnog položaja listova iznad klipa, a time i zadovoljavajuće svojstvo efikasnog fotomodela.

Utvrđeno je da proučavane linije poseduju svojstvo bržeg otpuštanja vode iz zrna u periodu njegovog sazrevanja.

Praćena je termalna zavisnost u opsegu 15-60°C.

Određene su vrednosti za kritične temperature na kojima dolazi do manjih i većih strukturalnih i funkcionalnih promena u tilakoidnoj membrani proučavanih linija.

Određene su vrednosti za energije aktivacije (E_a , kJ/mol) duž pravih linija pre i posle pojave kritičnih temperatura u termalnom procesu ispitivanih linija.

Utvrđena je različita monotonost u rastućem delu intenziteta termalne krive što ukazuje na nejednaku tolerantnost, otpornost i adaptiranost ispitivanih linija kukuruza prema višim i visokim temperaturama, kao i prema suši.

Pored navedenih rezultata proučavanja, analizirana su i druga brojna relevantna selekciona i semenarska svojstva, koja, kada se razmatraju u sklopu ukupnih rezultata proučavanja prestižnih linija i hibrida kukuruza, doprinose egzaktnijem, racionalnijem i bržem odvijanju modernog procesa oplemenjivanja i savremene tehnologije proizvodnje hibridnog semena kukuruza.

Naznaka

Tematika fotosintetično-fluorescentnih proučavanja linija i hibrida kukuruza studirana je više od tri decenije i obuhvatala je razvoj metoda, raznovrsna eksperimentalna istraživanja i teorijska razmatranja. Za njihovu realizaciju najveća finansijska sredstva ulagao je institut za kukuruz "Zemun Polje", a delimično i Ministarstvo za nauku Srbije (Brojevi projekta: 03E22, 12E11, 142025, TR-20003, TR-20007, TR-20014).

LITERATURA

- DUVICK, D.N. (1984): Genetic contribution to yield gains of U.S. hybrid maize, 1930-1980. In: W.R.Fehr (Ed.), Genetic contributions to yield gains of five major crop plants. CSSA, Spec. Publ., CSSA and ASA, Medison, WI 7: 15-47.
- IVANOVIĆ, M., R. PETROVIĆ, G. DRINIĆ, V. TRIFUNOVIĆ, L. KOJIĆ, M. VUKOVIĆ, M. MIŠOVIĆ, G. RADOVIĆ, D. RISTANOVIĆ, Z. PAJIĆ i B.V. TRIFUNOVIĆ (1995): Pedeset godina selekcije ZP hibrida kukuruza. Knj. rad. Simpozijuma sa međunarodnim učešćem "Oplemenjivanje, proizvodnja i iskorišćavanje kukuruza - 50 godina Instituta za kukuruz "Zemun Polje"", 28-29. septembar 1995, Beograd, Jugoslavija, str. 3-16.
- JURSINIC, P, and M. GOVINDJEE VAN DER VEN (1982): Effects of hydroxylamine and silicomolybdate on the decay in delayed light emission in the 6-100 ns range after a single 10 ns flash in pea thylacoides, Photosynthesis Research 3 (3): 161-177.
- JURSINIC, P (1986): Delayed fluorescence, Current Concepts and Status. In: "Light Emission by plants and Bacteria", Eds: M. Govindjee van der Ven, J. Amesz and C.D. Fork, Academic Press, Orlando, Fl. USA, 291-328.
- KALAUZI, A., D. MARKOVIĆ and Č. RADENOVIĆ (2006): Transients of Delayed Fluorescence Induction Signal and Photosynthetic Antennas: A Possible Relationship. Mathematical Modeling Approach. Russian Journal of Plant Physiology 53 (3): 289-297.
- MARKOVIĆ D., M. JEREMIĆ, Č. RADENOVIĆ, Ž. VUČINIĆ (1987): A study of temperature induced structural change in photosynthetic system using delayed fluorescence. Jour. of the Serbian Chemical Society 52: 331-336.
- MARKOVIĆ D., M. JEREMIĆ, Č. RADENOVIĆ, M. SCHARA (1993): Irreversible structural changes in thylakoid membranes at high temperatures. Detection by luminescence and EPR. Gen.Physol. Biophys. 12 (1): 37-47.
- MARKOVIĆ, D., M. JEREMIĆ and Č. RADENOVIĆ (1996): Zakasnela fluorescencija hlorofila - Savremena biofizika. Izdavač "Velarta", Beograd 4: 1-105.
- MARKOVIĆ D., Č. RADENOVIĆ, L. RAFAILOVIĆ, S. ŽERAJĆ, M. MARKOVIĆ (1999): Temperature depedance of delayed fluorescence induction curve transients. General Physiol. Biophysics. Vol. 18, 3: 257-267.
- RADENOVIĆ, Č. (1992) Investigation of photo-induced bioluminescence in maize leaf, Contemp. Agric. 40 (6): 15-38.
- RADENOVIĆ, Č. (1994): A study of delayed fluorescence in plant models: photosynthetic, transportation and membrane processes, J. Serb. Chem. Soc. 59 (9) 595-617.
- РАДЕНОВИЧ, Ч., М. ЕРЕМИЧ и Д. МАРКОВИЧ (1994а): Фотоиндукционная билюминесценция растительных систем: фотосинтетические, транспортные и мембранные процессы. Физиология и биохимия культурных растений. 26 (5): 419-433.
- RADENOVIĆ, Č., D. MARKOVIĆ and M. JEREMIĆ (1994b): Delayed chlorophyll fluorescence in plant models. Photosynthetica 30 (1): 1-24.
- RADENOVIĆ, Č. and M. JEREMIĆ (1996): The study of delayed light emission in plant models, Arch.biol. Sci. 48: 1-18.
- RADENOVIĆ, Č. (1997): Induction processes and activation energy of delayed chlorophyll fluorescence. Proceedings for Natural Sciences of Matica Srpska 93: 5-14.
- RADENOVIĆ Č. (1998): Transportni procesi kroz membranu. Savremena biofizika. Izdavač "Velarta", Beograd 5: 1-90.
- RADENOVIĆ Č., I. ŠATARIĆ, I. HUSIĆ, M.M. MIŠOVIĆ, M. FILIPOVIĆ, L. KOJIĆ (2000): A study of functioning of thylakoid membranes in inbred lines of maize (*Zea mays* L.), Genetika 32(3): 377-386.
- РАДЕНОВИЧ Ч., И. ШАТАРИЧ, М. ИВАНОВИЧ, Л. КОИЧ (2001а): Билюминесцентный отзыв инбредных линий кукурузы (*Zea mays* L.) на температуру и засуху. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, Москва No 4, 13-16.
- RADENOVIĆ Č., I. ŠATARIĆ, M. IVANOVIĆ, I. HUSIĆ, L. KOJIĆ (2001b): Conformational and functional changes in thylakoid membranes - parameters for evaluation of maize inbred lines resistance to temperatures and drought. J. Sci. Agric. Research 62: 216-217.
- РАДЕНОВИЧ Ч., М. БАБИЧ, Н. ДЕЛИЧ, И. ШАТАРИЧ, Л. КОИЧ (2002а): Новый фотосинтетическо-билюминесцентный метод в селекции кукурузы. Кукуруза и сорго, Москва 4:21-24.
- RADENOVIĆ Č., N. DELIĆ, M. BABIĆ, M. PAVLOV, D. SELAKOVIĆ (2002b): Termalne karakteristike fotosintetičkog aparata samooplodnih linija kukuruza. Arh. poljopr. nauke 63, 221-222 (2002/1-2): 61-74.
- RADENOVIĆ Č., M. BABIĆ, N. DELIĆ, Z. HOJKA, G. STANKOVIĆ, B. TRIFUNOVIĆ,

- D. RISTANOVIĆ, D. SELAKOVIĆ (2003a): Photosynthetic properties of erect leaf maize inbred lines as the efficient photo-model in breeding and seed production. *Genetika*, Vol. 35, No. 2: 85-97.
- RADENOVIĆ Č., M. BABIĆ, N. DELIĆ, D. RISTANOVIĆ (2003b): Effects of changes in thylakoid membranes - a measure for evaluation of resistance and adaptability of maize inbred lines to high temperature. *Proceedings for Natural Sciences, Matica Srpska, m 101, Novi Sad*.
- РАДЕНОВИЧ Ч., М. БАБИЧ, З. ХОАКА, Г. СТАНКОВИЧ, Б. ТРИФУНОВИЧ, Д. РИСТАНОВИЧ, Н. ДЕЛИЧ, Д. СЕЛАКОВИЧ (2004): Характеристика инбредных линий кукурузы с вертикально стоящими листьями для эффективного использования в селекции. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2: 7-9.
- RADENOVIĆ, Č., A. KALAUZI, K. KONSTANTINOV AND G. DRINIĆ (2007a): Dynamics of generating transients of delayed fluorescence induction signal and photosynthetic antennas: a possible relationship. *Mathematical modeling approach. Proc. Nat. Sci. Matica Srpska, Novi Sad 112: 5-26*.
- RADENOVIĆ, Č., K. KONSTANTINOV, N. DELIĆ, G. STANKOVIĆ (2007b): Photosynthetic and bioluminescence properties of maize inbred lines with upright leaves. *Maydica 52: 347-356*.
- RADENOVIĆ, Č., I. ŠATARIĆ, M. BABIĆ, N. DELIĆ, M. IVANOVIĆ, L. KOJIĆ (2007c): Uticaj promena u tilakoidnim membranama na otpornost i adaptivnost prema temperaturi i suši samooplodnih linija kukuruza (*Zea mays* L.). *Arh. poljopr. nauke 68, 242 (2007/2): 47-57*.
- RADENOVIĆ, Č., G. SARATLIĆ, V. ANĐELKOVIĆ, A. RADOJČIĆ, D. SELAKOVIĆ, Z. HOJKA (2007d): Pobljšani fotosintetično-fluorescentni metod I njegova primena u oplemenjivanju i semenarstvu kukuruza. *Arh. poljopr. nauke 68: 243 (2007/3) 15-30*.
- RADENOVIĆ, Č., D. SELAKOVIĆ, M. FILIPOVIĆ, A. RADOJČIĆ, M. SEČANSKI, N. RADOSAVLJEVIĆ (2008a): Svojstva prestižnih samooplodnih linija kukuruza relevantna za savremenu proizvodnju kvalitetnog hibridnog semena. *Arh. poljopr. nauke 69: 246 (2008/2) 79-95*.
- RADENOVIĆ, Č., M. FILIPOVIĆ, M. BABIĆ, G. STANKOVIĆ, A. RADOJČIĆ, M. SEČANSKI, J. PAVLOV, D. BRANKOVIĆ RADOJČIĆ, D. SELAKOVIĆ (2008b): Actual Prestigious of Maize Inbred Lines - a Good Initial Basis for the Efficient Development of New and Yielding Maize Hybrids. *Genetika 40: No2, 121-133*.
- RADOSAVLJEVIĆ, M., V. BEKRIĆ, I. BOŽOVIĆ, J. JAKOVLJEVIĆ (2000): Physical and chemical properties of various corn genotypes as a criterion of technological quality. *Genetika 32 (3):319-329*.
- RUBIN, A.B., A.A. FOCHT and P.S. VENEDIKTOV (1988): Some kinetic properties of electron-transfer processes on the primary photosynthesis reaction, *Transaction of the Moscow Society of Naturalists 28: 172-184*.
- STREHLER, L.B. and W. ARNOLD, (1951): Light production by green plants, *Journal of Genetics and Physiology 34: 809-820*.
- TRIFUNOVIĆ, V. (1986): Četrdeset godina moderne selekcije kukuruza u Jugoslaviji. *Zb. rad. Naučnog skupa Genetika i oplemenjivanje kukuruza - dostignuća i nove mogućnosti, 11-12. decembar 1986, Beograd, Jugoslavija, str. 5-46*.
- VESELOVSKI, V.A. and T.V. VESELOVA (1990): Luminiscent Characteristic of Plants Photosynthetic Apparatus. In: "Luminiscent of Plants". Ed. Nauka, Moscow, 8-78.

**THE PRESTIGIOUS BREEDING AND SEED PRODUCTION TRAITS OF MAIZE
INBRED LINES AND MAIZE HYBRIDS RELEVANT FOR A MODERN HYBRID SEED AND
COMMERCIAL MAIZE PRODUCTION**

RADENOVIĆ Č., FILIPOVIĆ M., DELIĆ N., SELAKOVIĆ D., ANĐELKOVIĆ VIOLETA,
BABIĆ VOJKA, JOVANOVIĆ Ž., MILAŠINOVIĆ MARIJA, ČAMDŽIJA Z.

SUMMARY

This study confirmed the hypothesis that there were maize inbred lines (ZPPL 62 and ZPPL 233) and three representative hybrids (ZP 341, ZP 434 and ZP 578) whose traits are prestigious and relevant for the improvement of both, a modern breeding process and a contemporary technology of the hybrid and commercial maize seed production.

It was shown that a non-invasive photosynthetic-fluorescence method could be successfully applied in breeding and the hybrid maize seed production in order to determine estimates of prestigious maize inbred lines related to adaptability, tolerance, resistance and adaptedness to increased and high temperatures, as well as, to drought.

It was also shown that prestigious inbreds had a trait of erect leaves above the ear, and thereby a satisfactory property of the efficient photo-model.

It was determined that studied inbreds were characterised by a greater grain dry down rate during the maturation period.

Critical temperatures at which a smaller or greater structural and functional changes occur in the thylakoid membrane were determined in observed inbreds.

The values of the activation energy (E_a , kJ/mol) along straight lines prior and after occurrences of critical temperatures in the thermal process of observed inbreds were determined.

A different monotony in the ascending part of the thermal curve intensity, which points out to uneven tolerance, resistance and adaptability of studied maize inbreds to increased and high temperatures, as well as, to drought.

Other numerous relevant breeding and seed production traits considered within the obtained total results were analysed and they contribute to more exact, rational and faster proceeding of a modern process of breeding and a contemporary technology of the hybrid maize seed production.

Key words: *Zea mays* L., inbred line, thylakoid membrane, adaptability, drought, grain dry down rate, transport processes, delayed chlorophyll fluorescence