

**NAKUPLJANJE TOPLOTNIH JEDINICA OD SJETVE DO FIZIOLOŠKE
ZRELOSTI HIBRIDA KUKURUZA FAO SKUPINA 200-500**

Z. SVEČNJAK, Sanja BARENIĆ, B. VARGA, D. JAREŠ

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Faculty of Agriculture University of Zagreb**SAŽETAK**

Duljina vegetacije kukuruza izražena pomoću toplotnih jedinica najčešće se računa od sjetve do određenog sadržaja vode u zrnu, a vrlo rijetko do stadija fiziološke zrelosti koji se prepoznaje po pojavi „crnog sloja“ na bazi zrna. Dosadašnja istraživanja ukazuju da se hibridi kukuruza u istom stadiju zrelosti mogu međusobno značajno razlikovati u sadržaju vode u zrnu. Svrha ovog istraživanja bila je utvrditi da li sustav označavanja vegetacijskih skupina hibrida kukuruza prema sadržaju vode u zrnu odražava duljinu vegetacije do fiziološke zrelosti izraženu kroz sumu toplotnih jedinica. Poljski pokusi sa šest hibrida kukuruza različite skupine dozrijevanja (FAO 200-500) provedeni su u uvjetima intenzivne agrotehnike tijekom dvije vegetacijske sezone u Maksimiru. Neznatno niži sadržaj vode u zrnu u punoj fiziološkoj zrelosti utvrđen je u vegetacijskoj sezoni kada je tijekom kasnog nalijevanja zrna bio izražen nedostatak oborina. Istraživani hibridi su se međusobno značajno razlikovali za sadržaj vode u zrnu u fiziološkoj zrelosti. U prvom dijelu vegetacije (od sjetve do svilanja) suma toplotnih jedinica je prosječno iznosila 740, što je bilo 64 toplotnih jedinica više od one nakupljene od svilanja do fiziološke zrelosti. Suma toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti iznosila je od 1270 za hibride iz vegetacijske skupine FAO 200 do 1490 za hibride iz najkasnijih FAO skupina. Istraživani hibridi su se očekivano značajno razlikovali kako za broj dana vegetacije tako i za sumu toplotnih jedinica od sjetve do svilanja i od svilanja do fiziološke zrelosti. Međutim, hibridi registrirani u različitim vegetacijskim skupinama nakupili su sličnu sumu toplinskih jedinica i posljedično imali sličan broj dana vegetacije. To ukazuje da sustav označavanja FAO skupina koji se temelji na sadržaju vode u trenutku berbe nije uvijek dovoljno detaljan da ukaže na stvarne razlike između hibrida u duljini njihove vegetacije do fiziološke zrelosti.

Ključne riječi: kukuruz, hibrid, duljina vegetacije, fiziološka zrelost, sadržaj vode u zrnu, toplotne jedinice

UVOD

U Minnesoti je već 1939. godine zakonom (Minnesota Department of Agriculture, 1939) propisano da sve vrećice hibridnog zrna kukuruza koje se prodaju u toj državi moraju imati oznaku duljine vegetacije. Duljina vegetacije se ovim sustavom označavanja (Minnesota Relative Maturity) u početku mjerila brojem dana do zrelosti (70-140 dana vegetacije), a kasnije temeljem sadržaja vode u zrnu u berbi u usporedbi sa standardnim (prethodno rangiranim) hibridima. U Europi je za potrebe označavanja duljine vegetacije kukuruza 1954 godine Organizacija za prehranu i poljoprivredu (engl. Food and Agriculture Organization) razvila FAO skupine dozrijevanja koristeći američke hibride kao standarde (Derieux i Bonhome 1982a, 1982b).

Kukuruz je jedna od najraznolikijih kultura prema duljini vegetacije, a od svih vanjskih čimbenika najveći utjecaj na duljinu vegetacije ima temperatura. Primjena sume toplotnih jedinica kako bi se odredila duljina vegetacije određene kulture najprije se počela primjenjivati u proizvodnji graška (*Pisum sativum* L.) za konzerviranje (Katz, 1952). Mogućnost korištenja toplotnih jedinica dosta se proučavala i u uzgoju kukuruza, a za njihovo računanje primjenjuju se različite metode (Marton i sur., 2007).

U većini dosadašnjim radova duljina vegetacije kukuruza pomoću toplotnih jedinica računala se od sjetve ili nicanja do određenog sadržaja vode u zrnu, a vrlo rijetko do stadija fiziološke zrelosti jer to iziskuje dodatni rad radi točnog utvrđivanja stadija rasta i razvoja. Završetak nakupljanja suhe tvari u zrnu poklapa se sa pojavom tzv. crnog sloja na baznom dijelu zrna kukuruza i prema Daynard-u i Duncan-u (1969) to je trenutak fiziološke zrelosti. Određivanje duljine vegetacije na temelju sadržaja vode ima dosta nedostataka jer su prethodna istraživanja ukazala da se inbred linije kukuruza u istom stadiju rasta i razvoja mogu međusobno značajno razlikovati u sadržaju vode u zrnu (Carter i Poneleit, 1973). Za hibride kukuruza Sutton i Stucker (1974) navode da je sadržaj vode u zrnu u stadiju pojave crnog sloja iznosio od 22,6 do 32,9%. Nadalje, sadržaj vode u zrnu u berbi ovisi i o brzini otpuštanja vode iz zrna nakon fiziološke zrelosti, a to može biti specifičnost hibrida koja uopće nije povezana s duljinom vegetacije do fiziološke zrelosti.

Prvotna istraživanja Shaw-a i Thom-a (1951) na tri hibrida kukuruza vrlo različite duljine vegetacije ukazala su da je period od svilanja do završetka nakupljanja suhe tvari u zrnu (fiziološke zrelosti) dosta konstantan kod svih hibrida (oko 50 dana), a slično navodi i Duncan (1967). Stoga Pucarić (1971) navodi da ranozrelost odnosno kasnozrelost određenog hibrida hibrida prvenstveno određuje duljina perioda od nicanja do punog svilanja. Derieux i Bonhome (1982a; 1982b) utvrđivali su sumu toplotnih jedinica od sjetve do stadija u kojem je sadržaj vode u zrnu istraživanih hibrida kukuruza iznosio 30 odnosno 40%. Njihovi rezultati ukazuju na pozitivnu ($r=0,69$; $P=0,05$) korelaciju između sume toplotnih jedinica nakupljenih u periodima nicanje-svilanje i svilanje-stadij sa 30% vode u zrnu. Stoga oni, za razliku od prethodno navedenih autora, smatraju da se razlike između hibrida koje su vidljive već u stadiju svilanja zadržavaju sve do stadija fiziološke zrelosti. U Hrvatskoj do sada nije bilo

sustavnih istraživanja o nakupljanju toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti hibrida kukuruza različitih skupina dozrijevanja. Stoga je glavni cilj ovog istraživanja bio utvrditi sumu toplotnih jedinica i broj dana vegetacije za period sjetva-svilanje, svilanje-fiziološka zrelost i sjetva-fiziološka zrelost kod hibrida kukuruza skupine dozrijevanja FAO 200–500 odnosno istražiti da li sustav označavanja vegetacijskih skupina prema sadržaju vode u zrnu odražava stvarnu duljinu vegetacije do fiziološke zrelosti.

MATERIJAL I METODIKA ISTRAŽIVANJA

Poljski pokus proveden je na pokušalištu Maksimir Zavoda za specijalnu proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta u Zagrebu tijekom dvije vegetacijske sezone (2007. i 2008.). Stres vode u 2007. bio je izražen tijekom prvog dijela vegetacije, odnosno do kraja srpnja. Nakon toga je količina oborina bila značajno veća od višegodišnjeg prosjeka. U svim mjesecima osim u rujnu tijekom vegetacijske sezone 2007. utvrđene su više prosječne temperature zraka u odnosu na višegodišnji prosjek. I u sljedećoj (2008.) vegetacijskoj sezoni izmjerene su više temperature zraka od višegodišnjeg prosjeka. Međutim, suma oborina u prvom dijelu vegetacije do kraja srpnja je bila nešto povoljnija u usporedbi s prethodnom vegetacijskom sezonom, dok je u kolovozu i rujnu palo manje oborina od višegodišnjeg prosjeka (Tablica 1).

Tablica 1. Količina oborina i srednje mjesečne temperature zraka u Maksimiru za vegetacijsku sezonu 2007. i 2008.

Table 1 Monthly total rainfall and mean temperatures in Maksimir for the growing seasons 2007 and 2008

Mjesec / Month	2007		2008	
	Oborine, mm Rainfall, mm	Srednje temperature, °C Mean temperature, °C	Oborine, mm Rainfall, mm	Srednje temperature, °C Mean temperature, °C
Travanj / April	1,6	13,7	39,7	12,0
Svibanj / May	71,4	18,7	44,1	17,4
Lipanj / June	96,6	22,2	102,5	20,9
Srpanj / July	49,3	22,9	86,3	21,9
Kolovoz / August	101,6	21,3	54,6	21,4
Rujan / September	136,1	14,5	47,5	15,6

Poljski pokusi su provedeni u uvjetima intenzivne agrotehnike. Pretkultura u obje godine istraživanja bila je ozima pšenica (*Triticum aestivum* L.). Osnovna gnojidba je obavljena u jesen s 500 kg ha⁻¹ kompleksnog N:P:K gnojiva formulacije 7:20:30, a nakon toga je uslijedilo duboko oranje na 30-32 cm. U proljeće je prije predsjetvene pripreme pokusna parcela pognojena sa 250 kg ureje ha⁻¹. Sjeme je prije sjetve tretirano protiv zemljišnih štetnika i ptica (Mesurool FS 500, 0,20 L 10 kg⁻¹ sjemena). Svi hibridi posijani su traktorskom sijačicom na razmak u redu od 15,8 (PR39F58 i PR39K38), odnosno 19,0 cm (PR38A24, PR36R10, PR36K67 i PR34F02). Sjetva je obavljena 19. travnja 2007. i 25. travnja 2008. Intenzivna zaštita od korova obavljena je pre-emergence tretmanom. Puno nicanje usjeva nastupilo je 30. travnja 2007. (11 dana nakon sjetve), odnosno 9. svibnja 2008. (14 dana nakon sjetve). U fazi 3-4 vidljiva lista usjev je prorijeđen na optimalni (preporučeni) sklop ovisno o hibridu. Tijekom vegetacije provedene su dvije međuredne kultivacije u V2 i V5 fenofazama rasta (Ritchie i sur., 1986) spojene s dušičnom prihranom (175 kg KAN ha⁻¹ u svakoj prihrani).

Pokus sa šest hibrida kukuruza bio je postavljen po metodi slučajnog bloknoeg rasporeda u četiri ponavljanja. Dimenzija osnovne parcele u sjetvi iznosila je 9,0 × 2,8 m odnosno u svakoj osnovnoj parceli posijano je četiri reda kukuruza na standardan međuredni razmak (0,7 m). Istraživani tretmani (članovi pokusa) bili su introducirani hibridi kukuruza sjemenske kuće Pioneer, a pripadali su različitim skupinama dozrijevanja To su hibridi PR39F58 (FAO 250), PR39K38 (FAO 270), PR38A24 (FAO 380), PR36R10 (FAO 450), PR36K67 (FAO 490) i PR34F02 (FAO 570).

Temeljem opažanja datuma punog nicanja (Ritchie i sur., 1986), punog svilanja i pune fiziološke zrelosti (Daynard i Duncan, 1969) izračunat je broj dana potreban za ostvarivanje određene fenofaze. Za određivanje sume toplotnih jedinica u efektivnim stupnjevima korištena je metoda po Gilmore-u i Rogers-u (1958). Prema toj metodi za svaki dan tijekom određenog perioda izračuna se broj efektivnih stupnjeva prema formuli: broj efektivnih stupnjeva (toplotnih jedinica) za jedan dan = [(maksimalna dnevna temperatura – minimalna dnevna temp.)/2]-10°. Za minimalne temperature ispod 10°C i za maksimalne iznad 30°C u formulu nisu uvrštene stvarne vrijednosti već su iste zamijenjene sa 10°C ako je taj dan minimalna temperatura bila ispod 10°, te sa 30° ukoliko je maksimalna temperatura bila iznad 30°. Dnevni efektivni stupnjevi sumirani su za određeno vegetacijsko razdoblje kukuruza i time je dobivena suma toplotnih jedinica za željeni period. Suma toplotnih jedinica izračunata je za periode sjetva - svilanje, svilanje - fiziološka zrelost i sjetva - fiziološka zrelost. Podaci za minimalne i maksimalne dnevne temperature zraka, te oborine za meteorološku postaju Maksimir dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Pojava crnog sloja na bazi zrna (Daynard i Duncan, 1969) počela se pratiti 40. dan nakon svilanja za ranije hibride (FAO 200 i 300), te 50. dan za kasnije hibride iz FAO skupina 400 i 500. Uzorkovanje se obavljalo u razmacima od tri dana. Iz dva središnja reda uzeto je po dva prosječna klipa što čini četiri klipa po parceli. Klipovi su okrunjeni, a zatim ručno izmiješana sva zrna sa tih klipova. Zatim je uzeto 20 zrna i za

svako zrno je utvrđeno da li ima crni sloj ili ne. Fiziološka zrelost određenog hibrida nastupila je u trenutku kada je na 15 ili više ($\geq 75\%$) zrna utvrđen crni sloj. U stadiju fiziološke zrelosti iz preostale mase zrna okrunjenih klipova uzet je uzorak zrna od oko 150 g za određivanje sadržaja vode sušenjem na 70°C u trajanju od 48 sati.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Sadržaj vode u zrnu u fiziološkoj zrelosti

Prosječni sadržaj vode u fiziološkoj zrelosti istraživanih hibrida kukuruza za obje vegetacijske sezone iznosio je 28,3%, što je unutar raspona koji navode Sutton i Stucker (1974). Neznatno niži sadržaj vode u fiziološkoj zrelosti (u prosjeku 27,0%) utvrđen je u vegetacijskoj sezoni 2008. kada je tijekom kasnog nalijevanja zrna bio izražen nedostatak oborina (Tablica 1). U uvjetima normalne količine oborina tijekom zadnjeg dijela vegetacije u 2007. sadržaj vode u zrnu iznosio je prosječno 29,6%. Daynard (1972) u provinciji Ontario u Kanadi također nije utvrdio značajne razlike u sadržaju vode u zrnu istraživanih hibrida kukuruza tijekom dvije vegetacijske sezone. U njegovom istraživanju sadržaj vode u zrnu u fiziološkoj zrelosti u prosjeku je iznosio oko 33,8%. Međutim, Jukić (2004) navodi razlike u prosječnom sadržaju vode u fiziološkoj zrelosti između različitih vegetacijskih sezona. Slično našim rezultatima, u njegovom trogodišnjem istraživanju viši sadržaj vode (u prosjeku 34,7%) dobiven je u nešto sušnijoj, a značajno niži (prosječno 32,7%) u povoljnijoj vegetacijskoj sezoni.

Tablica 2. Analiza varijance za sadržaj vode u zrnu, sumu toplotnih jedinica i broj dana vegetacije od sjetve (S) do silvanja (SV) i fiziološke zrelosti (FZ) hibrida kukuruza

Table 2 Analysis of variance for grain moisture content, growing degree days, and number of days from planting (S) to silking (SV) and physiological maturity (FZ) of corn hybrids

Izvori varijabilnosti / Source of variation	n - 1	Sadržaj vode u zrnu / Grain moisture content	Suma toplotnih jedinica / Growing degree days			Broj dana vegetacije / Number of days		
			S-SV	SV-FZ	S-FZ	S-SV	SV-FZ	S-FZ
Godina (G) / Year (G)	1	NS	*	*	NS	**	NS	*
Pogreška (a) / Error (a)	6	–	–	–	–	–	–	–
Hibrid (H) / Hybrid (H)	5	*	**	**	**	**	**	**
G × H	5	**	NS	NS	*	NS	NS	**
Pogreška (b) / Error (b)	30	–	–	–	–	–	–	–

NS, **, * Nesignifikantan, signifikantan F-test za P = 0,01 i 0,05, tim slijedom.
NS, **, * Nonsignificant, significant F-test at P = 0,01 i 0,05, respectively

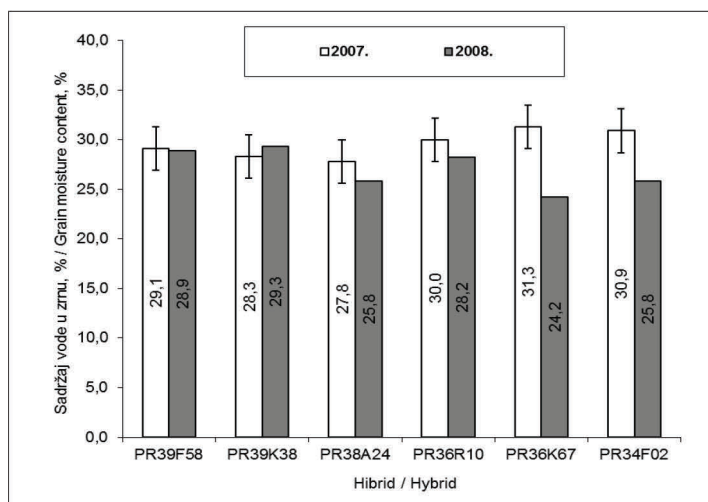
Niži prosječni sadržaj vode u fiziološkoj zrelosti u ovom istraživanju malim dijelom je rezultat primijenjenih metoda istraživanja. Stadij fiziološke zrelosti u ovim pokusima nastupio je kada je 75% i više zrna imalo crni sloj, što odgovara stadiju pune fiziološke zrelosti. Jukić (2004) je stadij fiziološke zrelosti definirao kao stadij kada 60% zrna ima crni sloj, dok je Daynard (1972) stadij fiziološke zrelosti odredio kao trenutak kada 50% zrna ima crni sloj.

Istraživani hibridi su se značajno razlikovali za sadržaj vode u zrnu u fiziološkoj zrelosti. Prosječno najveći sadržaj vode u zrnu imao je hibrid PR36R10 (29,1%). Neznatno niži sadržaj vode u zrnu imao je hibrid PR34F02 (28,4%), dok su svi ostali hibridi imali značajno niži sadržaj vode u zrnu u usporedbi s hibridom PR36R10. Jukić (2004) je također utvrdio da se hibridi mogu značajno razlikovati u sadržaju vode u zrnu u fiziološkoj zrelosti unatoč činjenici da su pripadali istoj vegetacijskoj skupini (FAO 400).

Utvrđena je signifikantna interakcija između hibrida i vegetacijske sezone što ukazuje da su se istraživani hibridi međusobno razlikovali za sadržaj vode u zrnu u fiziološkoj zrelosti tijekom dvije godine istraživanja (Tablica 3). Signifikantnost interakcije dobivena je najviše zbog toga što su hibridi iz ranijih vegetacijskih skupina imali sličan sadržaj vode u obje vegetacijske sezone. Nasuprot tome, hibridi PR36K67 i PR34FO2 imali su značajno niži sadržaj vode u zrnu u fiziološkoj zrelosti u vegetacijskoj sezoni 2008. u usporedbi s 2007. (Grafikon 1).

Grafikon 1. Sadržaj vode u zrnu u fiziološkoj zrelosti hibrida kukuruza. Maksimir, 2007. i 2008.

Figure 1 Grain moisture content at physiological maturity of corn hybrids, Maksimir 2007 and 2008



Suma toplotnih jedinica i broj dana vegetacije

Vegetacijska sezona nije značajno utjecala na sumu toplotnih jedinica i broj dana vegetacije od sjetve do svilanja. Suma toplotnih jedinica u 2008. u prosjeku je iznosila 744, što je bilo neznatno više od 736 toplotnih jedinica u prethodnoj (2007.) vegetacijskoj sezoni. Broj dana vegetacije od sjetve do svilanja imao je sličnu reakciju i bio je neznatno veći u vegetacijskoj sezoni 2008. (u prosjeku 78 dana) u usporedbi s vegetacijskom sezonom 2007. (u prosjeku 77 dana). Hibridi su se očekivano značajno razlikovali kako za broj dana vegetacije tako i za sumu toplotnih jedinica od sjetve do svilanja (Tablica 3). Najmanji broj dana od sjetve do svilanja imali su hibridi iz vegetacijske skupine FAO 200 (73 dana), a najveći hibridi PR36K67 (FAO 490) i PR34FO2 (FAO 570). Za potonja dva hibrida period od sjetve do svilanja trajao je u prosjeku 82 dana, što je devet dana više od hibrida PR39F58 i PR39K38 iz vegetacijske skupine FAO 200 (Tablica 3). Slične rezultate dobili su Marton i sur. (2007) temeljem trogodišnjih poljskih pokusa u Mađarskoj. Autori su za hibride iz FAO skupine 200 utvrdili da im period od sjetve do svilanja u prosjeku traje od 67 do 71 dan, dok je hibridima FAO skupine 500 bilo potrebno od 75 do 78 dana vegetacije. Pucarić (1971) izvješćuje da je u Maksimiru u prosjeku za tri godine istraživanja duljina perioda od nicanja do svilanja iznosila 67 dana za hibrid iz FAO skupine 200 (Bc 21-22), 76 dana za hibrid FAO grupe 500 (Bc SK5A), te 84 dana kod hibrida kasne FAO grupe 600 (Bc 68-22). Period od sjetve do nicanja u ovom istraživanju je u prosjeku za obje godine istraživanja trajao 12 dana. To znači da su najraniji hibridi iz FAO 200 skupine od nicanja do svilanja trebali svega 62 dana, a najkasniji hibrid iz FAO grupe 500 oko 70 dana. To je za oko pet dana kraća vegetacija u usporedbi sa hibridima koji su se uzgajali prije 30-ak i više godina na području Republike Hrvatske.

Tablica 3. Prosječna suma toplotnih jedinica (TJ) i broja dana vegetacije (DV) od sjetve (S) do svilanja (SV) i fiziološke zrelosti (FZ) hibrida kukuruza, Maksimir 2007-2008.

Table 3 Average growing degree days (TJ) and number of days (DV) from planting (S) to silking (SV) and physiological maturity (FZ) of corn hybrids, Maksimir 2007-2008

Period /Period	Hibrid / Hybrid											
	PR39F58		PR39K38		PR38A24		PR36R10		PR36K67		PR34F02	
	TJ	DV	TJ	DV	TJ	DV	TJ	DV	TJ	DV	TJ	DV
S-SV	684	73	683	73	747	78	758	79	790	82	780	82
SV-FZ	632	54	638	55	685	60	685	60	700	68	711	68
S-FZ	1316	127	1321	128	1432	138	1443	139	1490	150	1491	150

Slično rezultatima za broj dana vegetacije, najmanju sumu toplotnih jedinica nakupili su hibridi PR39K38 i PR39F58 (u prosjeku oko 683). Značajno veću sumu toplotnih jedinica (u prosjeku 747) nakupio je PR38A24, hibrid iz FAO grupe 300.

Hibrid PR36R10 (FAO 400) nakupio je 758 toplotnih jedinica, a najveća suma toplotnih jedinica do svilanja (u prosjeku 790) izračunata je za hibrid PR36K65, koji pripada kraju vegetacijske skupine 400 (FAO 490). Neznatno nižu sumu toplotnih jedinica (785) nakupio je hibrid PR34F02 koji spada u FAO grupu 500 (FAO 570). Nije utvrđena interakcija između hibrida i vegetacijske sezone za sumu toplotnih jedinica i broj dana vegetacije od sjetve do svilanja, što ukazuje na sličnu reakciju hibrida tijekom dvije godine istraživanja. Nasuprot tome, Pucarić (1971) je utvrdio da duljina vegetacijskog perioda od nicanja do svilanja može biti različita u različitim godinama. U njegovim istraživanjima u pojedinim godinama kod istog hibrida razlike su iznosile od četiri do pet dana za hibrid iz FAO skupine 500 pa od sedam do osam dana za hibrid iz FAO skupine 200. U istraživanjima Pucarića (1971) suma toplotnih jedinica od nicanja do svilanja iznosila je u prosjeku 558 za hibrid FAO 200, 638 za FAO 500, te 732 za FAO 600.

U ovim istraživanjima period od svilanja do fiziološke zrelosti u prosjeku je trajao 61 dan, što je 18 dana kraće u usporedbi s vegetacijskim periodom potrebnim od sjetve do svilanja. Vegetacijska sezona nije značajno utjecala na broj dana od svilanja do fiziološke zrelosti istraživanih hibrida kukuruza. Neznatno veći broj dana vegetacije (prosječno 61) i sume toplotnih jedinica utvrđeni su u vegetacijskoj sezoni 2008. u usporedbi s vegetacijskom sezonom 2007. (u prosjeku 58 dana). Slična reakcija je dobivena i za sumu toplotnih jedinica koja je bila neznatno veća u 2008. (683) u usporedbi sa 2007. (666).

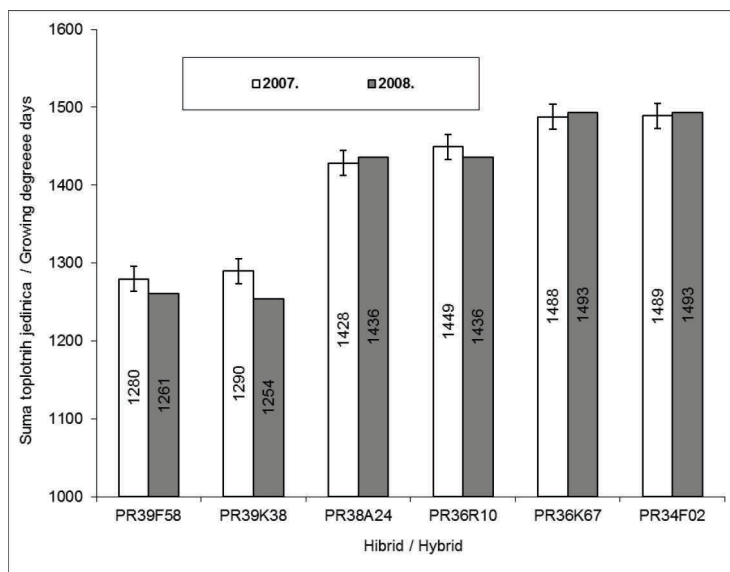
Istraživani hibridi su se značajno razlikovali u broju dana od svilanja do fiziološke zrelosti. Prosječno najveći broj dana (prosječno 68) od svilanja do fiziološke zrelosti bio je potreban za hibride PR34F02 i PR36K67. Trajanje perioda od svilanja do fiziološke zrelosti trajalo je značajno kraće kod hibrida PR39F58 (54 dana), PR39K38 (55 dana), PR38A24 (60 dana) i PR36R10 (60 dana). Ovi podaci o duljini vegetacijskog perioda od svilanja do fiziološke zrelosti hibrida kukuruza FAO skupine 200-500 osjetno se razlikuju od onih koje možemo naći u starijoj znanstvenoj literaturi. Shaw i Thom (1954) navode da je period od svilanja do fiziološke zrelosti sličan kod svih hibrida i da traje svega oko 50 dana. Period od svilanja do fiziološke zrelosti u ovim pokusima trajao je 50-ak dana samo za najranije hibride iz vegetacijske skupine FAO 200. Razlike utvrđene u ovom istraživanju su dosta velike i prosječno iznose oko 14 dana kada se usporede hibridi iz FAO skupina 200 i 500. Slično kao i za broj dana vegetacije, istraživani hibridi su se značajno razlikovali u sumi toplotnih jedinica od svilanja do fiziološke zrelosti. Prosječno najveću sumu toplotnih jedinica imao je hibrid PR34F02 (711). U usporedbi s hibridom PR34F02, neznatno manju sumu toplotnih jedinica nakupio je hibrid PR36K67 (700). Značajno manju sumu toplotnih jedinica od hibrida PR34F02 nakupili su hibridi PR39F58 (632), PR39K38 (638), te PR38A24 i PR36R10 (oba u prosjeku 685).

Značajno duži period vegetacije od sjetve do fiziološke zrelosti utvrđen je u 2008. (u prosjeku 138 dana), dok je u prethodnoj godini vegetacija trajala 136 dana. Međutim, suma toplotnih jedinica bila je slična u obje vegetacijske sezone i u prosjeku

je iznosila 1400. Marton i sur. (2007). su temeljem trogodišnjih istraživanja u Mađarskoj sa 50-ak hibrida koji su pripadali vegetacijskim skupinama FAO 200-500 utvrdili prosječno oko 1390 toplotnih jedinica do stadija kukuruza sa 25% vode u znu. Najdužu, a međusobno sličnu duljinu vegetacije imali su hibridi PR36K67 i PR34F02 (prosječno 150 dana) unatoč tome što ova dva hibrida pripadaju različitim vegetacijskim grupama. Značajno manji broj dana od ova dva hibrida za svoju vegetaciju trebao je hibrid PR36R10 (Tablica 3), a najmanji hibridi iz vegetacijske skupine FAO 200 (PR39F58 i PR39K38).

Grafikon 2. Suma toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti hibrida kukuruza, Maksimir 2007. i 2008.

Figure 2 Growing degree days from planting to physiological maturity of corn hybrids, Maksimir 2007 and 2008



Istraživani hibridi su se značajno razlikovali u sumi toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti. Najveću sumu toplotnih jedinica (prosječno oko 1490) nakupili su hibridi PR34F02 i PR36K67. Značajno manju sumu toplotnih jedinica od ova dva hibrida imali su hibridi ranijih vegetacijskih skupina i to u prosjeku 1442 kod istraživanog hibrida FAO 400 (PR36R10) te 1432 kod hibrida FAO 300 (PR38A24). Potonja dva hibrida se također nisu međusobno značajno razlikovala u sumi toplotnih jedinica do fiziološke zrelosti unatoč tome što pripadaju različitim vegetacijskim skupinama. Najmanju sumu toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti nakupio je hibrid PR39F58 (1270), a neznatno više (1272) hibrid PR39K38 koji pripada istoj

vegetacijskoj skupini (FAO 200). Marton i sur. (2007) izvješćuju da su hibridi iz vegetacijske skupine FAO 500 u prosjeku nakupili od 1420 do 1470 toplotnih jedinica do stadija u kojem je zrno imalo 25% vode. U njihovim pokusima suma toplotnih jedinica je iznosila 1380-1440 za hibride iz vegetacijske skupine FAO 400, te 1360-1420 za hibride iz skupine FAO 300. Najraniji (FAO 200) hibridi su u njihovim pokusima u prosjeku nakupili od 1250 do 1320 toplotnih jedinica. Utvrđena je signifikantnost interakcije između hibrida i vegetacijske sezone kako za broj dana vegetacije tako i za sumu toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti. Ta interakcija je najvećim dijelom rezultat specifične reakcije hibrida iz vegetacijske skupine FAO 200 (Grafikon 2). Ti hibridi su u vegetacijskoj sezoni 2008. nakupili značajno manju sumu toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti u usporedbi s prethodnom vegetacijskom sezonom. Nasuprot njima, svi ostali hibridi u pokusu nakupili su sličnu sumu toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti u obje godine istraživanja.

ZAKLJUČAK

Period od svilanja do fiziološke zrelosti istraživanih hibrida kukuruza u prosjeku je trajao 61 dan, što je 17 dana kraće u usporedbi s vegetacijskim periodom od sjetve do svilanja. Istraživani hibridi su se očekivani značajno razlikovali kako za broj dana vegetacije tako i za sumu toplotnih jedinica od sjetve do svilanja i od svilanja do fiziološke zrelosti. Rezultati za duljinu vegetacijskog perioda od svilanja do fiziološke zrelosti hibrida kukuruza FAO skupina 200-500 razlikuju se od onih koje možemo naći u starijoj znanstvenoj literaturi. Hibridi registrirani u različitim vegetacijskim skupinama imali su sličnu sumu toplinskih jedinica i posljedično broj dana vegetacije od sjetve do fiziološke zrelosti. To ukazuje da sustav označavanja koji se temelji na sadržaju vode u trenutku berbe nije uvijek dovoljno detaljan da ukaže na stvarne razlike između hibrida u duljini njihove vegetacije do fiziološke zrelosti.

GROWING DEGREE DAYS FROM PLANTING TO PHYSIOLOGICAL MATURITY OF CORN HYBRIDS BELONGING TO FAO 200-500 GROUPS

SUMMARY

Corn vegetation expressed in growing degree days (GDD) is usually calculated for the period from planting to specific grain moisture content at harvest, and rarely from planting to physiological maturity (PM), which is recognized by the development of "black layer" at the base of the grain. The aim of this study was to determine GDD for planting-silking, silking-PM, and planting-PM periods of six maize hybrids belonging

to the different maturity groups (FAO 250-570). Field trials were carried out under intensive management during two growing seasons in Maksimir. Slightly lower grain moisture content at PM was found in the growing season when precipitation during the late grain filling period was lower than average. Tested hybrids differed significantly for the grain moisture content at PM. For the planting-silking period GDD averaged around 740, which was about 64 degree days more than for silking-PM period. Growing DD days from planting to PM ranged from 1270 for the hybrids from the FAO 200 group to 1490 for the late-maturing hybrids. As expected, corn hybrids of various maturity groups differed significantly for GDD and number of days from planting to silking and from silking to PM. However, hybrids registered in different FAO groups accumulated similar GDD, and consequently, had a similar number of days from planting to PM. Therefore, corn labeling system based on grain moisture content at harvest may not satisfactory indicate the differences among hybrids for their growing period from planting to PM.

Key words: corn, hybrid, vegetation, physiological maturity, grain moisture content, growing degree days

LITERATURA - REFERENCES

1. Carter, M.W., Poneleit, C.G., (1973): Black layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 13:436-439.
2. Daynard, T.B., (1972): Relationships among black layer formation, grain moisture percentage, and heat unit accumulation in corn. *Agron. J.* 64:716-719.
3. Daynard, T.B., Duncan, W.G., (1969): The black layer and grain maturity in corn. *Crop Sci.* 9:473-476.
4. Derieux, M., Bonhomme, R., (1982a): Heat unit requirements for maize hybrids in Europe. Results of the European FAO sub-network II. Period from silking to maturity. *Maydica* 27:79-96.
5. Derieux, M., Bonhomme, R., (1982b): Heat unit requirements for maize hybrids in Europe. Results of the European FAO sub-network I. Sowing-silking period. *Maydica* 27:59-77.
6. Duncan, W.G., (1967): Corn yields to meet the challenge. U knjizi: Maximum crop yields – The challenge, stranice 51-56. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
7. Gilmore, C.E., Rogers, J.S., (1958): Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agron. J.* 50:611-615.
8. Jukić, Ž., 2004. Otpuštanje vode iz zrna kukuruza u polju i u sušionici u procesu konvekcijskog sušenja. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
9. Katz, Y.H., (1952): The relationship between heat unit accumulation and the planting and harvesting of canning peas. *Agron. J.* 44:74-78.
10. Marton, L.C., Kálmán, L., Árendás, T., Bónis, P., Szieberth, D., (2007): Comparison of some methods for estimating vegetation periods in maize. *Acta Agron. Hung.* 55:1-5.
11. Minnesota Department of Agriculture (1939), Minnesota Seed Law, Minn. Statute, Chapter 21, Sec. 80-92, Minnesota Department of Agriculture, St. Paul, MN.
12. Pucarić, A., (1971): Utjecaj gustoće sklopa na lisnu površinu i njenu produktivnost, prinos i komponente prinosa hibrida kukuruza grupe 200, 500 i 600. Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Z. Svečnjak i sur.: Nakupljanje toplotnih jedinica od sjetve do fiziološke zrelosti
hibrida kukuruza FAO skupina 200-500

13. Pucarić, A., (1979): Promjenljivost nekih svojstava biljaka i prinosa hibrida kukuruza u zavisnosti od gustoće sklopa. VII. Intenzitet gubitka vode iz zrna. Poljoprivredna znanstvena smotra 48(58):5–20.
14. Ritchie, S. W., Hanway, J. J., Benson, G. O., (1986): How a corn plant develops. Special Report No. 48. Iowa State University Cooperative Extension Service Ames, Iowa.
15. Shaw, R. H., Thom, H. C. S., (1951): On the phenology of field corn, silking to maturity. Agron. J. 43:541–546.
16. Sutton, L. M., Stucker, R. E., (1974): Growing degrees to black layer compared to Minnesota relative maturity rating of corn hybrids. Crop Sci. 14:408–412.

Adresa autora - Authors' address:

Prof. dr. sc. Zlatko Svečnjak
Sanja Barenic, dipl. ing.
Prof. dr. sc. Boris Varga
Dario Jareš, dipl. ing.
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
E-mail: svecnjak@agr.hr

Primljeno- Received:

30. 08. 2012.