

VARIRANJE SADRŽAJA PROTEINA, ULJA I SKROBA U ZP INBRED LINIJAMA KUKURUZA

Snežana Mladenović Drinić^{1*}, Vesna Dragičević¹ Milomir Filipović¹, Zoran Čamdžija¹, Milan Stevanović¹, Dragan Kovačević¹

Izvod

Skrob, protein i ulje su najznačajnije hemijske komponente u zrnu kukuruza. Cilj rada je da se ispita hemijska kompozicija zrna sto linija kukuruza poreklom iz različitih heterotičnih grupa iz kolekcije Instituta za kukuruz. Prosečan sadržaj proteina, ulja i skroba je iznosio 12,09%, 3,84% i 70,50%. Linije iz BSSS germplazme imale su najniži sadržaj proteina i ulja, a najveći sadržaj skroba, dok su linije iz Lankaster germplazme imale najveći sadržaj ulja. Linije iz Evropske germplazme imale su najveći sadržaj proteina, a najmanji sadržaj skroba. Sadržaj skroba je u negativnoj korelaciji sa sadržajem proteina i ulja, dok su sadržaj proteina i ulja pozitivno korelisani. Linije L19 i L77, koje imaju visok sadržaj proteina i ulja, mogle bi da se koriste u programima selekcije na ova dva svojstva.

Ključne reči: kukuruz, protieni, ulje, skrob

Uvod

Kukuruz ima veoma raznovrsnu primenu kao hrana, hranivo, u industriji i zato je glavni cilj selekcionih programa stvaranje linija i hibrida koji će po svojim svojstvima prevazići postojeće. U poslednje vreme pored prinosa sve veća pažnja se posvećuje kvalitetu zrna. Zrno kukuruza dominantno sadrži ugljenohidrate ali i manju količinu proteina, ulja, amiloze, amilopektina i minerala. Istraživanja su pokazala da hemijska kompozicija zavisi od

hibrida, lokacije, primenjenog N đubriva i gustine setve (Thomison et al., 2004; Zeidan et al., 2006, Harrelson et al., 2008). Kako zrno kukuruza sadrži visok procenat skroba, kukuruz se koristi kao energetski izvor u ishrani domaćih životinja (Oliveira i sar, 2006). Sadržaj proteina je kvantitativno svojstvo pod kontrolom većeg broja gena (Mittelman et al., 2003). Sadržaj proteina u zrnu kukuruza je relativno nizak (80–110 g kg⁻¹) i lošeg kvaliteta zbog niskog nivoa dve esencijalne

¹ Originalni naučni rad (Original scientific paper)

Mladenović Drinić S^{*}, Dragičević V, Filipović M, Čamdžija Z, Stevanović M, Kovačević D, Institut za kukuruz Zemun Polje, S. Bajića 1, Beograd, Srbija

*e-mail: msnezana@mrizp.rs

aminokiseline, lizina i triptofana. Prisustvo genetičke varijabilnosti sadržaja proteina je pokazano u brojnim istraživanjima (Micu et al., 1995; Lorenz et al., 2007; Abou-Deif et al., 2012; Stevanović et al., 2012). Brojni selekcionni programi u svetu su usmereni ka stvaranju genotipova kukuruza sa povećanim sadržajem proteina i ulja, visoko proteinski i visoko uljani genotipovi (Rosulj et al., 2002; Dudley and Lambert, 2004; Harrleson et al., 2008; Idikut et al., 2009; Micić Ignjatović, 2012). U dugogodišnjem eksperimentu nakon 100 generacija dobijene su IHP (Illinois High Protein) linije sa tri puta većim sadržajem proteina (26,9%) u odnosu na roditelje (Dudley and Lambert, 2004). Sadržaj ulja u linijama selekcionisanim za povećan sadržaj ulja (IHO) je povećan od 4,7% do 22,4%. Visokouljani hibridi se koriste za proizvodnju kvalitetnog ulja i kao hranivo u ishrani domaćih životinja. Cilj rada je da se ispita hemijska kompozicija zrna sto inbred linija kukuruza iz kolekcije Instituta za kukuruz i identifikuju genotipovi koji bi mogli da se koriste u procesima selekcije na povećan sadržaj protiena, ulja i skroba.

Materijal i metode

Sadržaj proteina, ulja i skroba je

ispitan u semenu 100 inbred linija kukuruza iz kolekcije germplazme Instituta za kukuruz. Deset linija (1, 2, 13, 15, 25, 29, 30, 31, 32, 100) su poreklom iz Evropske germplazme, 26 linija (12, 18, 19, 20, 22, 23, 28, 33, 42, 54, 55, 56, 57, 58, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 96, 97, 99) iz Lankaster germplazme i 64 linije iz BSSS germplazme. Odabrane linije su gajene 2011. godine u standardnim agrotehničkim uslovima na dve ogledne parcele Instituta za kukuruz (Zemun Polje i Školsko dobro). Setva kukuruza izvršena je po metodi potpuno slučajnog rasporeda parcela u tri ponavljanja. Sadržaj proteina, ulja i skroba je određen pomoću NIR, Infratec 1241 Grain analyzer, (Foss Tecator, Sweden) i izražen je kao procenat absolutne suve mase zrna (% s.m). Eksperimentalni podaci su statistički obrađeni analizom varijanse u programu MSTAT-C i analizirani LSD testom (0,05%).

Rezultati i diskusija

Analiza varijanse (ANOVA) je pokazala da je uticaj genotipa i interakcije genotip x spoljna sredina značajan za sva ispitivana svojstva, a da je uticaj lokacije značajan samo za sadržaj proteina (Tab.1).

Tabela 1. Analiza varijanse za sadržaj proteina, ulja i skroba u linijama kukuruza
Table 1. Analysis of variance for protein, oil and starch content in maize inbred lines

Izvor variranja	DF	ulje			proteini			skrob		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
lokacija	1	1,76	1,76	5,62	414,42	414,42	125,23*	8,32	8,32	6,21
genotip	99	143,02	1,45	16,39*	868,32	8,77	2,85*	522,62	5,28	9,22*
G X L	199	172,10	0,87	23,07*	1720,40	8,65	5,05*	677,87	3,41	10,39*

* $p < 0.05$

PROTEINI, ULJE I SKROB U LINIJAMA KUKURUZA 61-69

Tabela 2. Prosečan sadržaj proteina, ulja i skroba u linijama kukuruza za dve lokacije
Table 2. Average protein, oil and starch content in maize inbred lines for two location

Linija	Ulje % s.m	Proteini % s.m.	Skrob % s.m.	linija	Ulje %s.m	Proteini % s.m.	Skrob % s.m.
L1	4,35	12,53	67,35	L51	3,21	11,62	71,24
L2	3,67	13,35	70,72	L52	3,42	13,48	69,15
L3	3,20	12,77	72,13	L53	3,75	12,68	69,37
L4	3,18	13,20	70,85	L54	3,60	12,38	71,14
L5	3,10	10,56	70,38	L55	4,40	11,76	70,31
L6	4,08	10,28	70,72	L56	4,23	11,26	71,04
L7	3,96	10,98	70,83	L57	4,70	11,64	69,99
L8	4,58	10,93	71,13	L58	4,13	11,73	70,91
L9	2,87	10,74	71,32	L59	3,73	11,54	70,06
L10	3,13	11,90	72,60	L60	3,36	12,01	69,17
L11	3,08	12,01	70,93	L61	3,04	11,48	70,83
L12	4,42	11,96	69,90	L62	3,09	11,48	71,33
L13	3,83	13,39	69,09	L63	4,20	10,83	70,73
L14	3,57	14,04	68,75	L64	4,32	12,10	70,83
L15	4,12	12,69	70,11	L65	4,86	11,48	69,29
L16	3,43	12,18	72,19	L66	4,23	13,11	70,92
L17	4,07	12,20	70,59	L67	4,64	10,82	69,02
L18	4,72	12,86	71,16	L68	4,84	10,20	69,23
L19	4,43	14,07	71,05	L69	4,64	10,33	69,46
L20	4,53	13,10	70,05	L70	4,03	11,66	70,68
L21	3,74	13,92	70,59	L71	4,64	11,57	70,71
L22	4,68	13,39	71,20	L72	4,17	11,78	70,48
L23	4,48	12,95	70,57	L73	3,43	13,08	71,07
L24	3,60	13,54	69,41	L74	3,57	11,11	70,93
L25	3,50	12,73	69,07	L75	3,58	12,99	70,19
L26	3,49	10,83	71,36	L76	3,89	11,98	69,46
L27	3,59	11,89	70,30	L77	4,23	14,37	69,15
L28	4,30	12,52	70,15	L78	3,28	12,24	69,53
L29	4,29	13,19	68,53	L79	3,52	11,55	71,18
L30	4,07	12,02	71,28	L80	3,78	12,42	70,17
L31	4,25	12,37	69,97	L81	4,17	12,83	69,87
L32	4,20	13,28	70,54	L82	3,59	11,88	71,67
L33	4,76	13,03	69,52	L83	3,05	12,88	71,45
L34	3,68	11,33	69,62	L84	3,52	11,94	71,07
L35	3,68	10,70	70,99	L85	3,29	11,70	71,38
L36	3,29	9,15	71,17	L86	3,23	12,11	70,86
L37	3,88	12,04	70,42	L87	3,75	12,04	71,73
L38	3,35	12,01	71,43	L88	3,36	10,80	71,24
L39	3,10	11,42	72,44	L89	3,73	11,13	71,77
L40	3,63	12,29	70,29	L90	3,28	11,34	71,50
L41	3,68	11,64	70,54	L91	3,65	12,78	70,60
L42	4,08	12,15	70,96	L92	3,58	10,81	70,96
L43	3,96	11,90	70,39	L93	3,61	10,71	70,74
L44	4,48	12,63	68,90	L94	3,39	11,83	71,45
L45	4,45	12,46	69,56	L95	3,47	13,95	69,68
L46	3,88	13,04	69,91	L96	4,29	11,68	69,92
L47	3,24	10,83	71,76	L97	4,45	11,93	69,28
L48	3,33	12,97	69,35	L98	3,59	11,76	70,99
L49	3,68	12,93	70,32	L99	4,11	11,83	71,00
L50	3,85	11,43	71,10	L100	4,13	13,64	72,13

Poznato je da sadržaj proteina varira između genotipova kukuruza (Lorenz i sar., 2007, Mladenović Drinić i sar., 2009, Stevanović et al., 2012). Najveći prosečan sadržaj proteina imaju linije poreklom iz Evropske germplazme (12,92), zatim linije Lankaster tipa (12,05), a nešto niži procenat linije iz BSSS germplazme (11,97). Sadržaj proteina 100 samooplodnih linija, prosek za obe lokacije, se kretao od 9,15% kod linije L36 do 14,37% linija L77, prosek 12,09% (Tab.2). Prosečan sadržaj proteina po lokacijama se razlikovao, tako je u lokacija 1 prosečan sadržaj proteina za sve ispitivane genotipove 11,30%, a 12,87% u lokaciji 2, podaci nisu prikazani u radu. Najniži sadržaj proteina u obe lokacije je imala linija L36 od 8,82% i 9,07%. Na lokaciji 1 najviši sadržaj proteina ima linija L95 (15,02) a na lokaciji 2 linija 21 (16,02). Tri linije, L14, L19, L77 imaju značajno viši, a linije L36, L68, L69 značajno niži sadržaj proteina od proseka.

Tipično sadržaj ulja u zrnu kukuruza varira od 3,5 do 4%. Genotipovi sa visokim sadržajem ulja imaju od 7 do 8% (Heiniger and Dunphy, 1997). Sadržaj ulja je kvantitativno svojstvo pod kontrolom većeg broja gena sa malim efektom (Dudley, 1977). Sadržaj ulja u ispitivanim linijama za obe lokacije se kretao od 2,87, (L9) do 4,86%, (L65), prosek 3,84%. Prosečan sadržaj ulja je bio viši u lokaciji 1 (3,91%) u odnosu na lokaciju 2 (3,78). Najniži sadržaj ulja je u lokaciji 1 imala linija L11 (2,97%) a najviši linija L65 (4,95%), a u lokaciji 2 sadržaj ulja se kretao od 2,67% za liniju L9 do 4,9% linija 68%), podaci nisu prikazani u radu. Najveći prosečan sadržaj ulja su imale linije iz Lankaster germplazme (4,41%), linije poreklom iz evropske germplazme (4,04%), a najniži iz BSSS germplazme (3,58%). Oliveria et al., (2006) su dobili prosečni sadržaj ulja

za zubane od 5,04% a tvrduce 4,78%, a Mittelmann et al., (2006) su dobili vrednosti od 4,22% do 4,94% za 10 linija i njihovih hibrida. Linije 19, 77, 20 i 33 imaju veći sadržaj i protiena i ulja pa se mogu koristiti u daljim programima selekcije u cilju stvaranja genotipova sa povećanim sadržajem ova dva svojstva.

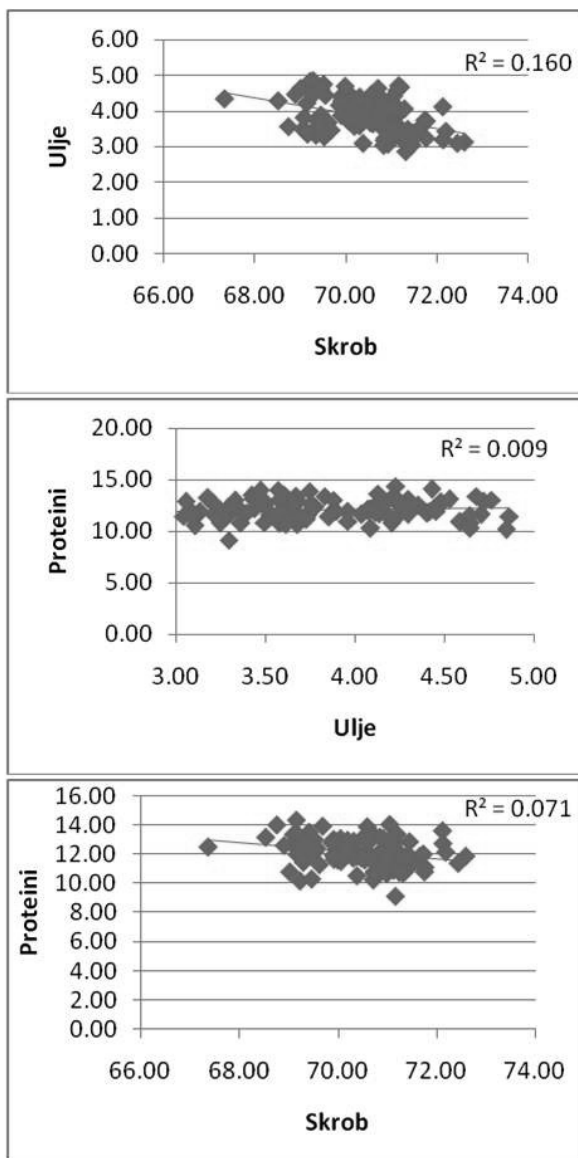
Skrob je glavni ugljenohidratni i hemijski konstituent zrna kukuruza i glavni izvor energije. Sadržaj skroba u obe lokacije je varirao od 67,35% (L1) do 72,60% (L10), prosek 70,50%. U lokaciji 1 sadržaj skroba je varirao od 67,57% (L1) do 72,72% (L10), prosek 70,62%, a u lokaciji 2 od 67,13% do 73,38% (L39), prosek 70,37%, podaci nisu prikazani u radu. Linije L3, L39, L100 su imale značajno viši sadržaj skroba u odnosu na prosek, a linije L1, L14 i L29 značajno niži sadržaj skroba. Najviši sadržaj skroba su imale linije iz BSSS germplazme (70,67%), nešto niži linije iz Lankester germplazme (70,34%) a najniži sadržaj linije iz evropske germplazme (69,88%). Slične rezultate su dobili Has i sar. (2009) i Mladenović Drinić i sar., (2009).

Korelacioni koeficijent između sadržaja proteina i ulja ($r=0,1$) ukazuje na neznačajnu pozitivnu korelaciju između ova dva svojstva. Ovo je u saglasnosti sa rezultatima Fabijanac et al., (2006), Dudley et al., (2007), Stevanović et al., (2012). Abou Deif et al., (2012) su dobili negativnu korelaciju između sadržaja proteina i ulja za većinu ispitivanih inbred linija kukuruza. Značajan negativan koeficijent korelacije je utvrđen između sadržaja proteina i skroba ($r=-0,27$) i sadržaja ulja i skroba ($r=-0,4$). Slične rezultate su dobili Dudley et al., 2007; Zhang et al., 2007, Mladenović Drinić i sar., 2009, Stevanović et al., 2012; Cook et al., 2012.

Koeficijent regresije ($R^2=0,160$) za 100 linija kukuruza ukazuje na značajnu

negativnu zavisnost sadržaja ulja i skroba, variranje sadržaja ulja je određeno učešćem od 16% variranja ulja (Graf. 1.). Neznačajna negativna zavisnost je dobijena između

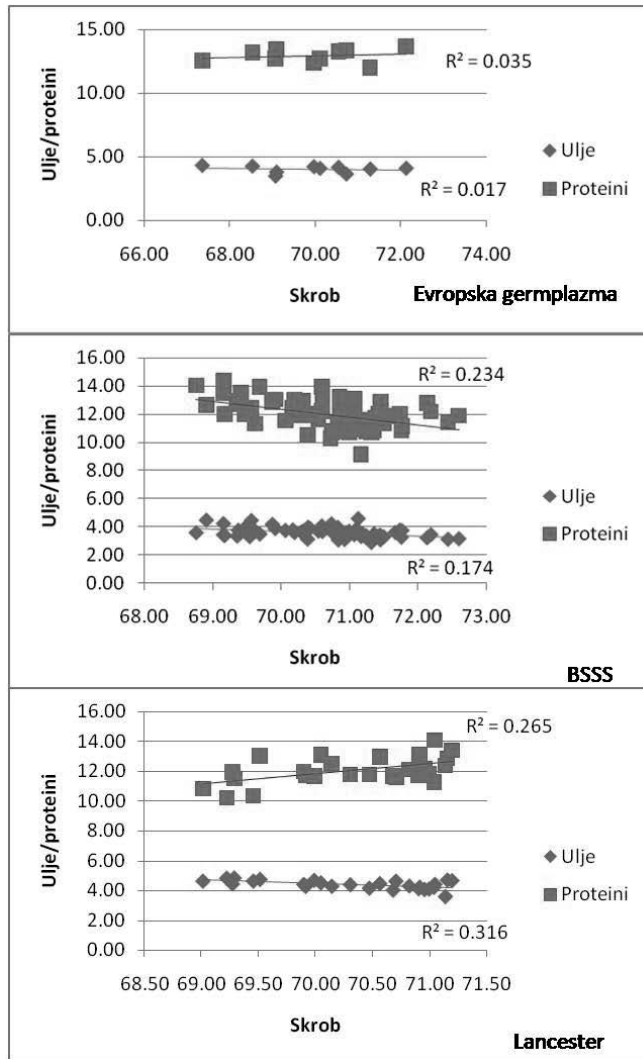
sadržaja proteina i skroba ($R^2=0.071$) odnosno neznčajna pozitivna između sadržaja proteina i ulja ($R^2=0,009$).



Grafikon 1. Regresiona analiza sadržaja proteina, ulja i skroba u linijama kukuruza
 Figure 1. Regression analysis of protein, oil and starch content in maize inbred lines

Kod linija iz evropske germplazme nije dobijena značajna zavisnost između sadržaja proteina, ulja i skroba (Graf. 2). Nasuprot tome kod linija iz BSSS germplazme dobijena je značajna negativna zavisnost između sadržaja proteina i ulja u odnosu na

sadržaj skroba. Sa porastom sadržaja skroba opada sadržaj proteina i ulja u linijama iz ove heterotične grupe. Kod linija iz Lankester germplazme utvrđeno je da sa porastom sadržaja skroba značajno se smanjuje sadržaj ulja ali sadržaj proteina značajno raste.



Grafikon 2. Regresiona analiza proteina, ulja i skroba u okviru heterotičnih grupa
Figure 2. Regression analysis of protein, oil and starch content into heterotic groups

Zahvalnica

Rezultati su deo projekta TR31068 koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Reference

- Abou-Deif MH, Mekki BB, Mostafa EAH, Esmail RM, Khattab SAM (2012): The Genetic Relationship Between Proteins, Oil and Grain Yield in Some Maize Hybrids. *World Journal of Agricultural Sciences* 8 (1): 43-50.
- Cook J P, McMullen MD, Holland JB, Tian F, Bradbury P, Ross-Ibarra J, Buckler ES, Flint-Garcia SA (2012): Genetic Architecture of Maize Kernel Composition in the Nested Association Mapping and Inbred Association Panels. *Plant Physiology*, Vol. 158: 824–834.
- Dudley J (1977): Seventy-six generations of selection for oil and protein percentage in maize. *Book of Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics*. ISU, 459-473.
- Dudley JW and Lambert RJ (2004): 100 generations of selection for oil and protein in corn. *Plant Breeding Reviews* 24 (part 1): 79-110.
- Dudley JW, Clark D, Rocheford TR, Ledeaux JR (2007): Genetic analysis of corn kernel chemical composition in the random mated 7 generation of the cross of generations 70 of IHP × ILP. *Crop Sci* 47: 45-57.
- Fabijanac D, Varga B, Svečnjak Z, Grbeša D (2006): Grain Yield and Quality of Semiflint Maize Hybrids at Two Sowing Dates. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Vol. 71 (2): 45-50.
- Harrelson FW, Erickson GE, Klopfenstein TJ, Jackson DS, Fithian WA (2008): Influence of corn hybrid, kernel traits and growing location on digestibility. In: *Animal Science department Beef Cattle Reports*, Nebraska, pp. 51-53.
- Has V, Has I, Pamfli D, Copandean A, Campean S (2009): Evaluation of turda maize gerplasm for phenotypic variability in grain chemical composition. *Maydica*, 54: 313-320.
- Heiniger R, Dunphy J (1997): High oil corn production q&a. *NC State University*, 22-28
- Idikut L, Atalay AI, Kara SN and Kamalak A (2009): Effect of Hybrid on Starch, Protein and Yields of Maize Grain *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8 (10): 1945-1947.
- Lorenz A, Scott P and Lamkey K, (2007): Quantitive determination of phytate and inorganic phosphorus for maize breeding. *Crop Sci* 47: 598-604.
- Micić Ignjatović D, Stanković G, Marković K, Mladenović Drinić S, Lazić Jančić V and Denić M (2010): Kernel modifications and tryptophan content in QPM segregating generations.- *Genetika*, Vol 42 (2): 267 -278.
- Micu V, Partas V, Rotari I (1995): The revealing and selection of high protein sources of maize. *Maize Genetic Cooperation Newsletter*, 69: 115.
- Mittelman A, Filho J, Lima G, Klain C, Tanaka R (2003): Potential of the esa23b maize population for protein and oil content improvement. *Sci. Agricola*, 60 (2): 319-327.
- Mladenović-Drinić S, Filipović M, Janakuloski L, Čamdžija Z, Stevanović M, and

- Kovačević D (2009): Kvalitet zrna linija i hibrida kukuruza. *Journal of Scientific Agricultural Research*, 70(4): 43-49.
- MSTAT Development Team (1988) MSTAT-C: A microcomputer program for the design, management and analysis of agronomic research experiments. East Lansing: MSU-Crop and Soil Science Dep
- Oliveria J, Chaves L, Duarte J, Ribeiro K, Brasil E (2006): Heterosis for oil content in maize populations and hybrids of high quality protein. *Crop Breed and Apl. Biotechnol.*, 6: 113-120.
- Rosulj M, Trifunovic S, Husic I (2002): Nine cycles of mass selection for increasing oil content in two maize (*Zea mays* L.) synthetics. *Genetics and Molecular Biology* 25: 449-461.
- Stevanovic M, Mladenovic Drinic S, Dragicevic V, Camdžija Z, Filipovic M, Velickovic N and Stankovic G (2012): An assessment of nutritional quality of hybrid maize grain based on chemical composition. *Genetika*, Vol. 44 (3): 571-582.
- Thomison PR, Geyer AB, Bishop BL, Young JR, Lentz E (2004): Nitrogen fertility effects on grain yield, protein and oil of corn hybrids with enhanced grain quality traits. on-line, *Crop Management*, www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2004/grain
- Zeidan MS, Amany A and Bahr El-Kramany MF (2006): Effect of N-fertilizer and plant density on yield and quality of Maize in sandy soil. *Research J. Agric. Biol. Sci.*, 2: 156-161.
- Zhang J, Lu XQ, Song XF, Yan JB, Song TM, Dai JR, Rocheford T, Li JS (2008): Mapping quantitative trait loci for oil, starch, and protein contents in grain with high-oil maize by SSR markers. *Euphytica* 162: 335–344.

VARIABILITY OF PROTEIN, OIL AND STARCH CONTENT IN ZP MAIZE INBRED LINES

Snežana Mladenović Drinić, Vesna Dragičević, Milomir Filipović, Zoran Čamdžija, Milan Stevanović, Dragan Kovačević

Summary

Starch, protein, and oil are most important storage chemical components in the mature kernels of maize. The aim of this study was to investigate chemical composition of grain of 100 maize inbred, from different heterotic groups. Average content of proteins, oil and starch of analyzed maize inbred lines was, 12,09%, 3,84% and 70,50% respectively. Lines from BSSS germplasm have the lowest content of protein and oil and the highest starch content while the lines from Lankester germplasm have the highest oil content, and lines from European germplasm have the highest protein content and the lowest starch content. Starch concentration is negatively correlated with both protein and oil concentrations in maize grain, while oil concentration has a positive relationship with protein concentration. Two inbred lines with high protein and oil content were distinguished L19 and L77 giving them potential use in breeding programs to improve protein and oil content.

Key words: maize, proteins, oil, starch

Primljeno: 11. 09. 2013.

Prihvaćeno: 28. 11. 2013.