

INTERAKCIJA GENOTIPA I SPOLJNE SREDINE I STABILNOST RANDMANA METLICE SIRKA METLAŠA [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]

Sikora, V. *, Berenji, J. *, Latković, Dragana **

IZVOD

Za uspešnu i ekonomičnu metlarsku industriju neophodna je kvalitetna sirovina. Sortiment sirka metlaša treba da zadovoljava zahteve proizvođača u smislu visokih i stabilnih prinosa. Randman metlice predstavlja parametar koji govori o stepenu iskorišćenosti sirkove metlice sa aspekta proizvodnje metli. U radu je ispitivana fenotipska varijabilnost i stabilnost randmana metlice 11 komercijalnih sorti sirka metlaša različitog porekla. Stabilnost randmana metlice određena je metodom regresione analize. Da bi se utvrdilo na koji način se ispitivane sorte međusobno razlikuju primenjena je analiza glavnih komponenti (PCA). S obzirom da se radi o divergentnom materijalu, grupisanje sorti na osnovu ekološkog indeksa, koeficijenta regresije i koeficijenta varijacije je izvršeno primenom hijerarhijske klaster analize. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da su srednje vrednosti randmana metlice u ispitivanom uzorku sorti sirka metlaša široko varirale. Pri tome je najveća vrednost svojstva zabeležena kod mađarske sorte Szegedi 1023 (42,6 %) a najmanja kod američke sorte Deer 418 (23,1 %). Većina ispitivanih sorti ispoljava stabilnu reakciju za analizirano svojstvo. Kao najstabilnije su se izdvojile sorte Sava, Dia, Reform, Szilard, Szegedi szlovak i Neoplanta +. Kao najmanje stabilna sorta se pokazala sorta Jumak. Objašnjena varijacija randmana metlice prema rezultatima PCA analize je najviše uslovljena sa prve dve glavne komponente, od kojih je značajnija prva koja iznosi 61,5 %. Klaster analizom sorte su podeljene u dve velike grupe sa nekoliko podgrupa.

Ključne reči: sirak metlaš, analiza glavnih komponenti, randman metlice, stabilnost

UVOD

Sirak metlaš je industrijska biljna vrsta gajena radi sirkove metlice (slame), koja je osnovna sirovina za proizvodnju sirkovih metli. Kao sporedni proizvod se dobija seme koje se koristi kao stočna hrana. Osnovne komponente prinosa sirka metlaša su masa neovršene metlice sa semenom, masa ovršene metlice i masa semena. Iz odnosa ovršene i neovršene metlice se izračunava randman, koji predstavlja parametar iskorišćenosti sirovine za industriju proizvodnje metli (Berenji et al., 2011).

* Dr Vladimir Sikora, dr Janoš Berenji, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, Novi Sad

** Dr Dragana Latković, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

U svetskoj kolekciji sirka metlaša koja broji 450 genotipova, randman metlice kreće se u rasponu od 14,2 do 59,5 % uz prosek od 29,5 % (Sikora, 2005). U nekoliko ispitivanja koja su obuhvatala manji deo germplazme sirka metlaša navode se prosečne vrednosti randmana od 29,6 do 43,6 % (Berenji, 1990), pri čemu je veći randman zabeležen kod selekcionisanih sorti u odnosu na lokalne populacije. Metlarska industrija u praksi računa randman oko 33 %, udeo semena oko 60 %, dok 7 % predstavlja otpad na gubitke ili „kalo“.

Visina randmana metlice je u negativnoj fenotipskoj i genetskoj korelaciji sa masom semena po metlici, dok ostale komponente prinosa nemaju značajnijeg uticaja na ekspresiju ovog svojstva (Sikora, Berenji, 2006).

Cilj ovog rada je da se ispita varijabilnost i stabilnost randmana metlice sorti sirka metlaša različitog porekla.

MATERIJAL I METOD

Sa ciljem da se ispita varijabilnost i stabilnost randmana metlice u poljske ogledne je uključeno 11 komercijalnih sorti sirka metlaša različitog porekla. Ispitivanja su obuhvatala tri domaće ranije gajene sorte (Sava, Jumak i Neoplanta plus), tri domaće sadašnje sorte (Reform, Prima i Tan Sava), četiri mađarske sorte (Szegedi szlovak, Szegedi 1023, Dia i Szilard) i jednu američku sortu (Deer 418).

Ogledi su izvođeni tokom šest godina (2002, 2003, 2005, 2006, 2009 i 2011) na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad u Bačkom Petrovcu. Tokom izvođenja ogleda primenjena je agrotehnika koja se preporučuje pri komercijalnoj proizvodnji sirka metlaša (Kišgeci, Mijavec, 1980). Dvoredne elementarne parcele bile su dugačke 8 m. Sa svake parcele je slučajnim odabirom u fazi tehnološke zrelosti uzeto 10 biljaka za analizu. Randman metlice koji predstavlja procentualni udeo ovršene u masi neovršene metlice je za svaku biljku posebno određen prema metodici koju je opisao Berenji (1990). Za svaku godinu određene su srednje vrednosti i koeficijenti varijacije i izračunata je najmanja značajna razlika. Uticaj sorte, godine i njihove interakcije na randman metlice je određen analizom varijanse.

Stabilnost analiziranih sorti za randman metlice određena je primenom modela Eberhart i Russell (1966). U okviru analize određen je ekološki indeks (EI) koji predstavlja odstupanje svake srednje vrednosti pojedinih sorti od opšteg proseka.

Da bi se utvrdilo na koji način se ispitivani genotipovi međusobno razlikuju, primenjena je analiza glavnih komponenti (PCA – Principal Component Analysis) (Hadživuković, 1989), što je prikazano i grafički. Grupisanje sorti prema stepenu sličnosti je izvršeno primenom hijerarhijske klaster analize na osnovu euklidijskih distanci (Gower, Ross, 1969) i prikazano dendrogramom. U statističkoj obradi podataka korišćen je program Systat verzija 8.0.

REZULTATI I DISKUSIJA

Srednje vrednosti i varijabilnost – Analiza rezultata višegodišnjih ogleda je pokazala značajnu varijabilnost sorti sirka metlaša u pogledu randmana metlice. Prosečna vrednost randmana metlice za sve sorte u svim godinama ispitivanja iznosi 35,1 %. Najveći prosečan randman

(39,1 %) je zabeležen 2005. godine, dok je najmanji bio 2009. (32,4 %). Sorta sa najvećom prosečnom vrednošću za ovu osobinu je bila Szegedi 1023 (42,6 %), kod koje je u 2006. godini zabeležena najveća pojedinačna vrednost od 48,4 %. Najmanji randman u svim godinama ispitivanja zabeležen je kod američke sorte Deer 418 gde u proseku iznosi 23,1 %, uz najmanju vrednost celokupnog ogleada od 19,5 % u 2009. godini.

Najhomogenija sorta sa prosečnim koeficijentom varijacije $CV = 7,1 \%$ bila je sorta Reform, a najheterogenija mađarska sorta Szegedi szlovak ($CV = 26,7 \%$), kod koje je u 2002. godini zabeležen najveći koeficijent varijacije u celom ogledu ($CV = 52,7 \%$). Prosečan randman metlice je najmanje varirao 2011. godine ($CV = 9,5 \%$) a najviše 2005. godine ($CV = 15,9 \%$). Ukupan prosek koeficijenta varijacije za ceo ogled je iznosio $CV = 12,8 \%$, s tim da je najmanja vrednost zabeležena kod sorte Dia 2011. godine ($CV = 0,6 \%$) (tab. 1).

Analizom varijanse ustanovljena je visoko značajna vrednost sredine kvadrata za sorte, godine i njihovu interakciju. Najveći udeo u ukupnoj varijaciji randmana metlice ima sorta, kod koje je sredina kvadrata za oko dva puta veća od sredine kvadrata godine, odnosno za oko dvadeset puta veća od sredine kvadrata interakcije (tab. 2).

Parametri stabilnosti – Prema primenjenom modelu najstabilnije sorte su one kod kojih je vrednost regresionog koeficijenta jednaka 1 ili što približnija 1. Većina sorti uključenih u ogled je pokazala zadovoljavajući stepen stabilnosti (tab. 3). Kao sorte sa najslabijom stabilnošću su se pokazale Jumak ($b_i = 1,69$) i Tan Sava ($b_i = 0,37$). Među stabilne genotipove spadaju Sava ($b_i = 0,83$), Neoplanta + ($b_i = 1,23$), Reform ($b_i = 0,68$), Dia ($b_i = 0,88$), Szilard ($b_i = 0,73$), Szegedi szlovak ($b_i = 1,29$), Szegedi 1023 ($b_i = 1,23$) i Deer 418 ($b_i = 0,70$). Ranije gajena domaća sorta Sava pokazala se kao izuzetno stabilna i u ranijim ispitivanjima vezanim za komponente prinosa (Sikora, Berenji, 2000). Kao najmanje stabilna sorta pokazala se sorta Jumak sa koeficijentom regresije $b_i = 1,69$.

Ispitivane sorte sirka metlaša se na osnovu prosečne vrednosti randmana metlice i vrednosti koeficijenta regresije (b_i) kao jednog od parametara stabilnosti mogu podeliti u četiri grupe (sl. 1). Mađarske sorte Szegedi 1023, Szegedi szlovak i Dia zajedno sa domaćom sortom Reform, uz dobru stabilnost i vrednost randmana metlice čine prvu grupu. Drugu grupu sačinjavaju sorte Neoplanta +, Sava i Szilard, koje uz dobru stabilnost imaju lošije vrednosti randmana. Sorte Tan Sava i Jumak spadaju u treću grupu kod koje su vrednosti randmana zadovoljavajuće, ali je stabilnost ispoljavanja ovog svojstva slaba. Četvrta grupa obuhvata američku sortu Deer 418 sa zadovoljavajućom stabilnošću, ali sa veoma niskom vrednošću randmana metlice.

Analiza glavnih komponenata – Glavne komponente značajne za varijabilnost su one koje se nalaze na pravoj do momenta lomljenja u paralelu sa apscisom. Skri (scree) testom je ustanovljeno da je ukupna varijacija randmana metlice najviše uslovljena sa prve dve glavne komponente.

Prva glavna komponenta (sorta i godina) je u ukupnoj varijaciji zastupljena sa 61,5 %, a druga glavna komponenta koja predstavlja interakciju sorti sa spoljnom sredinom sa 18,12 % (tab. 4).

Varimax rotacija primenjena je da bi se bolje uočili efekti pojedinih komponenata, koji ne menjaju njihove odnose (tab. 5). Značajni korelacioni koeficijenti između sorti i prve glavne komponente, sa i bez varimax rotacije glavnih osa, ustanovljeni su kod sorata Szegedi szlovak, Szegedi 1023, Dia i Deer 418 i oni ukazuju na značajnost aditivne komponente u ukupnoj varijaciji randmana metlice. Značajnost korelacionih koeficijenata sa i bez varimax rotacije između sorte i druge glavne komponente ustanovljena je kod sorte Sava, a samo sa varimax rotacijom kod sorata Jumak, Tan Sava i Neoplanta +.

Tab. 1 Randman 11 sorti sirka metlaša na lokalitetu Bački Petrovac u periodu od šest godina
 Tab. 1 *Panicke utilization for 11 broomcorn varieties in six year period on Bački Petrovac site*

Godina Year Sorta Variety	2002.		2003.		2005.		2006.		2009.		2011.		Prosek Average	
	x	CV	x	CV	x	CV	x	CV	x	CV	x	CV	x	CV
Sava	32,6	8,5	29,7	10,2	41,5	12,1	36,4	8,3	34,9	16,8	32,9	4,0	34,7	10,0
Jumak	35,4	8,3	36,6	6,3	46,2	3,7	41,2	8,8	34,6	12,9	30,7	2,3	37,5	7,1
Reform	33,8	8,2	33,8	3,3	37,0	9,8	40,0	23,1	31,8	10,6	34,9	6,0	35,2	10,2
Prima	34,5	6,7	42,6	4,3	43,5	26,1	42,0	35,3	36,7	4,0	34,8	3,4	39,0	13,3
Tan Sava	30,8	6,0	32,5	5,6	37,6	16,3	34,3	7,8	34,2	4,8	37,2	43,7	34,4	14,0
Neoplanta+	25,9	2,5	30,2	2,4	37,0	28,4	32,5	15,8	26,9	5,9	30,9	6,5	30,6	10,3
Sz. szlovak	41,3	52,7	44,1	41,0	44,6	25,4	40,5	10,1	33,9	19,4	35,3	11,5	40,0	26,7
Sz. 1023	38,4	3,2	45,5	13,8	44,9	21,9	48,4	10,5	41,0	24,4	37,6	6,0	42,6	13,3
Dia	37,4	23,2	41,4	28,9	38,0	11,8	37,7	10,7	33,4	15,6	31,2	0,6	36,5	15,1
Szilard	27,6	12,0	36,8	12,2	33,1	10,8	34,4	11,8	29,5	14,5	32,9	17,3	32,4	13,1
Deer 418	22,4	7,4	25,9	11,4	26,4	8,7	23,1	11,7	19,5	6,3	21,5	3,6	23,1	8,2
Prosek Average	32,7	12,6	36,3	12,7	39,1	15,9	37,3	14,0	32,4	12,3	32,7	9,5	35,1	12,8

LSD_{0,05} = 3,14

LSD_{0,01} = 4,11

x - aritmetička sredina 10 merenja – Mean value of 10 measurements (%), CV = koeficijent varijacije – Coefficient of variation (%)

Tab. 2 Analiza varijanse za randman metlice ispitivanih sorti sirka metlaša u periodu od šest godina na lokalitetu Bački Petrovac

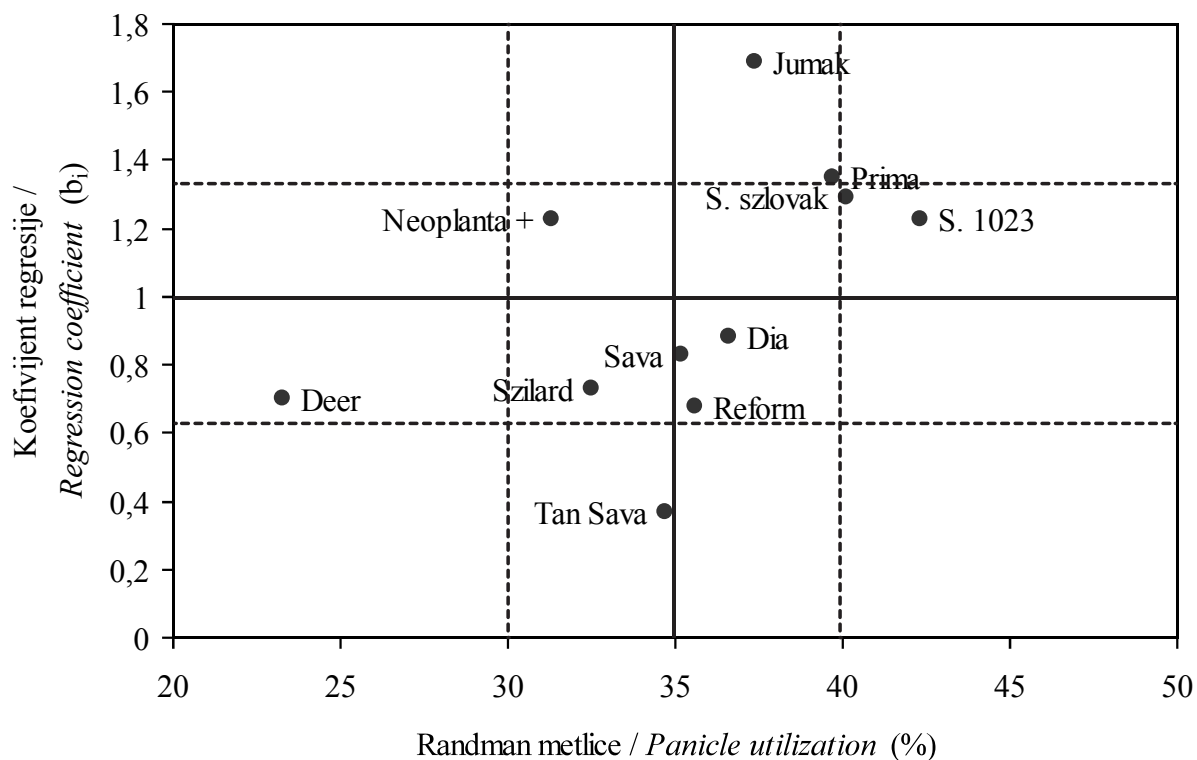
Tab. 2 Analysis of variance for panicle utilization of 11 broomcorn varieties in six year period on Bački Petrovac site

Izvor – Source	DF	MS	F	F tab	
				0,05	0,01
Sorte – Varieties (S)	10	1649,16	128,54**	1,83	2,32
Godine – Years (G)	5	894,84	69,75**	2,21	3,02
S x G	50	75,05	5,85**	1,35	1,52
Pogreška – Error	594	12,83			

Tab. 3 Prosečne vrednosti (x), ekološki indeks (EI), koeficijent regresije (b_i) i koeficijent varijacije (CV %) za randman metlice

Tab. 3 Mean values (x), ecological index (EI), coefficient of regression (b_i) and coefficient of variation (CV %) for panicle utilization

Sorte – Varieties	x	EI	b _i	V
Sava	35,2	-0,1	0,83	10,2
Jumak	37,4	2,1	1,69	13,2
Reform	35,6	0,3	0,68	7,2
Prima	39,7	4,4	1,37	9,7
Tan Sava	34,7	-0,6	0,37	5,9
Neoplanta +	31,3	-4,0	1,23	11,7
Szegedi szlovak	40,1	4,8	1,29	10,3
Szegedi 1023	42,3	7,0	1,23	9,6
Dia	36,6	1,3	0,88	9,0
Szilard	32,5	-2,8	0,73	9,2
Deer 418	23,3	-12,0	0,70	10,8
Prosek – Average	35,34			
LSD _{0,05}	3,14			
LSD _{0,01}	4,11			



Sl. 1 Odnos prosečne vrednosti randmana metlice i koeficijenta regresije (b_i)

Fig. 1 Relation between mean value of panicle utilization and coefficient of regression (b_i)

	Broj sorti <i>No of varieties</i>	Srednja vrednost <i>Mean value</i>	Min	Max	Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>
Randman metlice <i>Panicle utilization (%)</i>	11	35,34	23,3	42,3	4,91
Koeficijent regresije <i>Coefficient of regression (b_i)</i>	11	1,00	0,37	1,69	0,37

Tab. 4 Skriveni koreni (eigenvalues) i objašnjena varijansa glavnih komponenti
 Tab. 4 Eigenvalues and explained variance of principal components

Komponente <i>Components</i>	Skriveni koreni <i>Eigenvalues</i>	Objašnjena varijansa <i>Explained variance</i> (%)	Kumulativ skrivenih korena <i>Eigenvalues</i> <i>cumulative</i>	Kumulativ objašnjene varijanse <i>Explained variance</i> <i>cumulative</i>
I	6,765	61,50	6,765	61,50
II	1,993	18,12	8,758	79,62

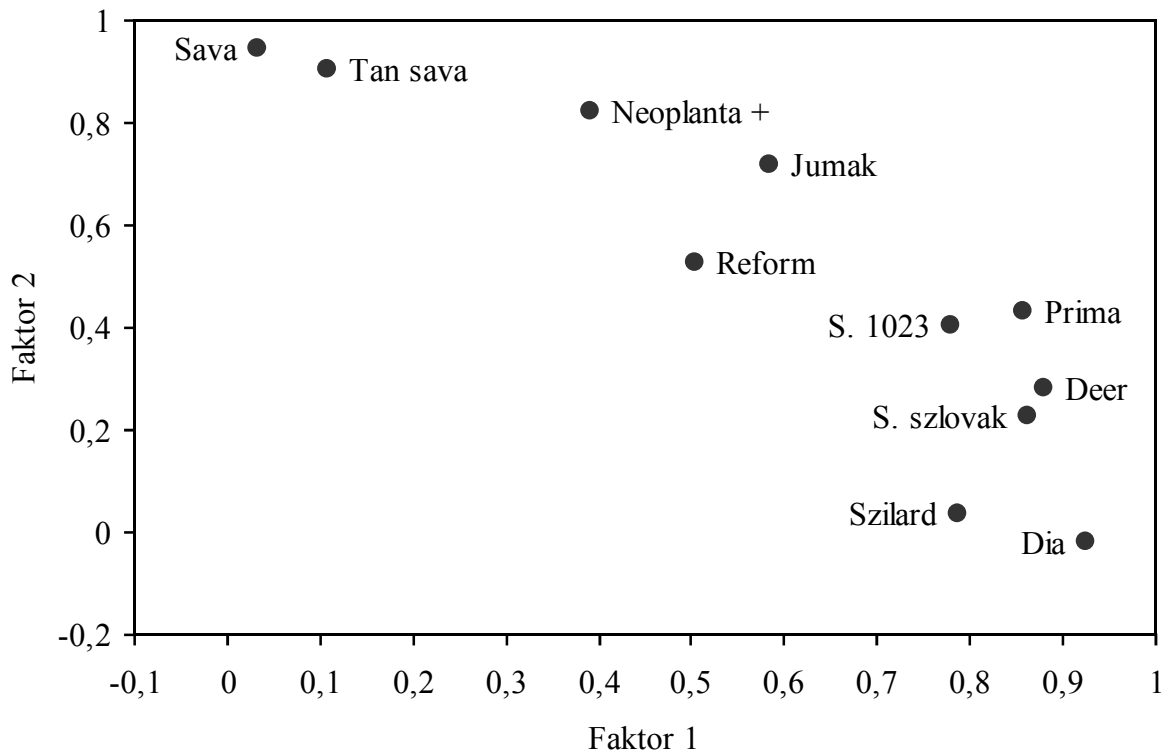
Tab. 5 Udeo glavnih komponenata u ukupnoj varijaciji randmana metlice
 ispitivanih sorti sirka metlaša

Tab. 5 Contribution of principal components to total variation
 of broomcorn panicle utilization

Glavne komponente <i>Main components</i>	Bez rotacije osa <i>Without axes rotation</i>		Varimax rotacija osa <i>With varimax rotation</i>	
	I	II	I	II
Sorte – <i>Varieties</i>				
Sava	-0,583	0,742*	0,032	0,943*
Jumak	-0,896*	0,234	0,585	0,719*
Reform	-0,718*	0,127	0,505	0,527
Prima	-0,944	-0,159	0,856*	0,430
Tan Sava	-0,621	0,665	0,108	0,904*
Neoplanta +	-0,804*	0,433	0,392	0,825*
Szegedi szlovak	-0,829*	-0,327	0,862*	0,227
Szegedi 1023	-0,868*	-0,135	0,780*	0,404
Dia	-0,736*	-0,562	0,925*	-0,018
Szilard	-0,658	-0,437	0,788*	0,037
Deer 418	-0,875*	-0,293	0,879*	0,282

* Značajnost određena prema kritičnoj vrednosti 0,70 – *Significance value 0,70*

Sorte sirka metlaša su, na osnovu prve dve glavne komponente, nakon varimax rotacije osa podeljene u četiri grupe. Prvoj grupi pripadaju Sava i Tan Sava. Drugu grupu čine Neoplanta +, Jumak i Reform. U treću grupu svrstane su Szegedi 1023, Prima, Deer 418 i Szegedi szlovak. Četvrtu grupu čine sorte Szilard i Dia. Generalno posmatrano uočava se disperzija sorti po apscisi koja ukazuje na značaj prve glavne komponente, odnosno na genetičku divergentnost sorti zastupljenih u istraživanjima. Izdvajanje pojedinih grupa sorata je u saglasnosti sa njihovim genetskim poreklom (Sikora, 2005). Disperzija sorti po ordinati ukazuje na prisustvo interakcije sorti sa uslovima spoljne sredine (sl. 2).



Sl. 2 Raspored ispitivanih sorti sirka metlaša prema prvoj (faktor 1) i drugoj (faktor 2) glavnoj komponenti, nakon varimax rotacije glavnih osa

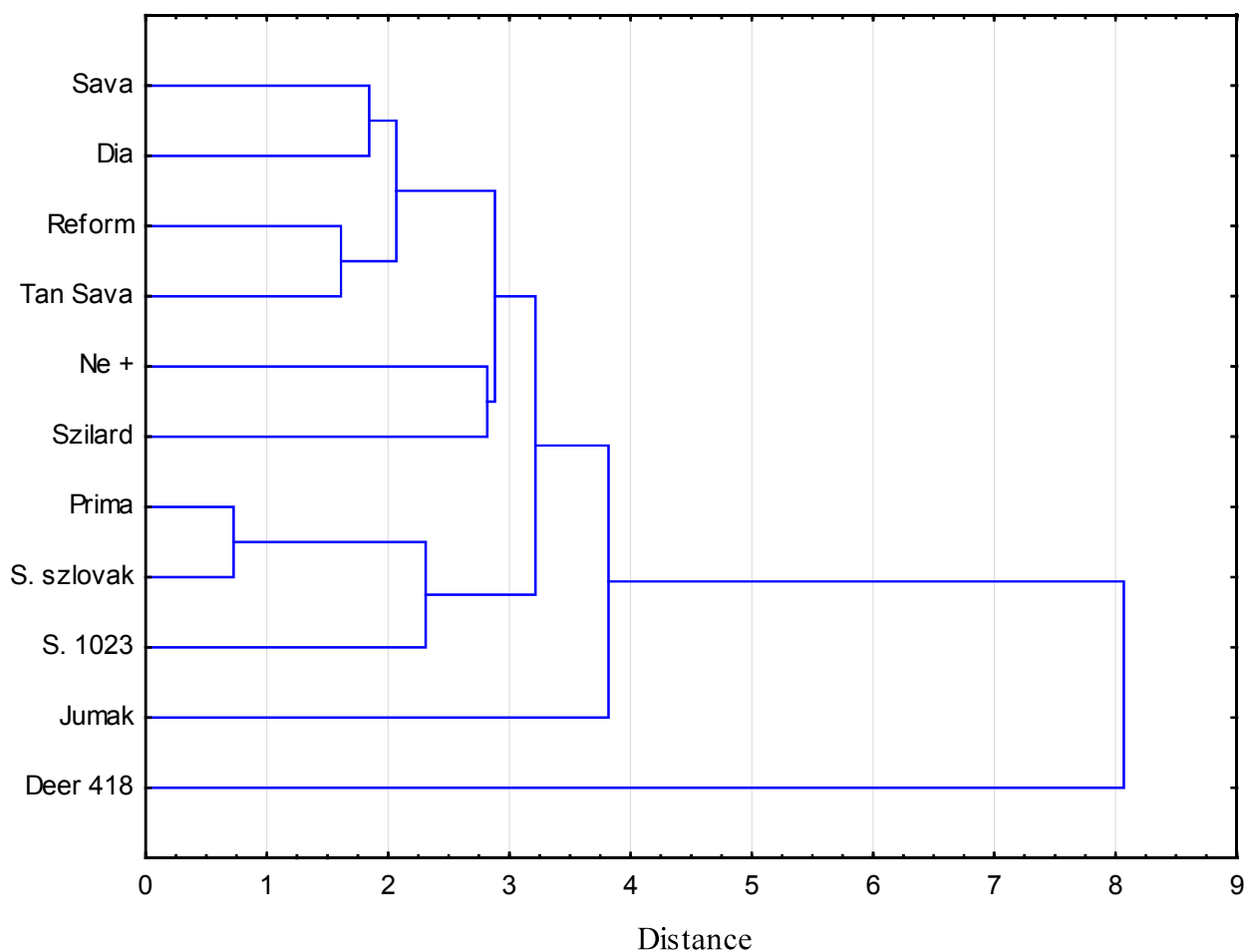
Fig. 2 The array of investigated broomcorn varieties according to first (factor 1) and second (factor 2) principal component, after the main axes varimax rotation

Klaster analiza – Klaster analizom sorte su na osnovu vrednosti ekološkog indeksa, koeficijenta varijacije i koeficijenta regresije podeljeni u dve veće grupe sa po nekoliko podgrupa. Prvu podgrupu u okviru prve grupe čine sorte Sava, Dia, Reform i Tan Sava koje, pored randmana metlice koji se kreće oko proseka ogleđa, ispoljavaju dobru stabilnost ovog svojstva. Druga podgrupa prve grupe obuhvata sorte dobre stabilnosti ali sa randmanom metlice ispod proseka ogleđa: Neoplanta + i Szilard. Prvu podgrupu druge grupe čine stabilne sorte sa natprosečnim randmanom: Prima, Szegedi 1023 i Szegedi szlovak. Drugu podgrupu druge grupe čini sorta Jumak, koja pored solidnog randmana ispoljava relativno slabiju stabilnost za ovo svojstvo. Američka sorta Deer 418 se u dendrogramu posebno izdvaja usled izuzetno niske vrednosti randmana metlice, iako je ispoljavanje ovog svojstva kod ove sorte relativno stabilno (sl. 3).

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da su srednje vrednosti randmana metlice u ispitivanom uzorku sorti sirka metlaša široko varirale. Pri tome je najveća vrednost ovog svojstva zabeležena kod mađarske sorte Szegedi 1023 (42,6 %), a najmanja kod američke sorte Deer 418 (23,1 %). Većina ispitivanih sorti ispoljava stabilnu reakciju za analizirano svojstvo. Kao najstabilnije izdvojile su se sorte Sava, Dia, Reform, Szilard, Szegedi szlovak i Neoplanta +.

Kao najmanje stabilna pokazala se sorta Jumak. Objašnjena varijacija randmana metlice, prema rezultatima PCA analize, uslovljena je najviše sa prve dve glavne komponente (sorta i godina odnosno njihova interakcija), od kojih je značajnija prva koja iznosi 61,5 %. Hijerarhijskom analizom sorte su podeljene u dve velike grupe sa nekoliko podgrupa.



Sl. 3 Klaster analiza ispitivanih sorti sirka metlaša, gde je grupisanje izvršeno po tri kriterijuma (EI – ekološki indeks, b_i – koeficijent regresije i CV – koeficijent varijacije)

Fig. 3 Cluster analysis of the examined broomcorn varieties, grouped after three criteria (EI – ecological index, b_i – coefficient of regression and CV – coefficient of variation)

LITERATURA

Berenji, J. (1990): Varijabilnost i međuzavisnost svojstava u raznih genotipova sirka metlaša. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Berenji, J., Dahlberg, J., Sikora, V., Latković, D. (2011): Origin, history, production, improvement and utilization of broomcorn in Serbia. *Economic Botany* 65, 2, 190-208.

Eberhart, S.A., Russell, W.A. (1966): Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6, 36-40.

Gower, J.C., Ross, G.J.S. (1969): Minimum spanning tress and single linkage cluster analysis. *Appl. Stat.* 18, 56-64.

Hadživuković, S. (1989): Statistika. Privredni pregled, Beograd.

Kišgeci, J., Mijavec, A. (1980): Proizvodnja i prerada sirka metlaša u Vojvodini. Bilten za hmelj i sirak 12, 35, 13-26.

Sikora, V., Berenji, J. (2000): Interakcija genotip x spoljna sredina za komponente prinosa sirka metlaša. *Selekcija i semenarstvo* 7, 3-4, 65-69.

Sikora, V. (2005): Varijabilnost germplazme sirka metlaša. Bilten za hmelj, sirak i lekovito bilje 37, 78, 6-105.

Sikora, V., Berenji, J. (2006): Variability in germplasm of broomcorn. 20 International Conference of the EUCARPIA Maize and sorghum section, Budapest, Hungary, June 20-24, 2006. 119.

Sikora, V., Berenji, J. (2010): Razvoj sortimenta sirka metlaša u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad. *Ratarstvo i povrtarstvo* 47, 1, 363-369.

GENOTYPE BY ENVIRONMENT INTERACTION AND STABILITY OF BROOMCORN [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] PANICLE UTILIZATION

V. Sikora, J. Berenji, Dragana Latković

SUMMARY

Phenotypic variability and stability of panicle utilization of 11 different commercial broomcorn varieties was estimated in a field trial. Method of regression analysis was used to estimate panicle utilization stability. Method of main component was applied to establish differences between varieties. Main values of panicle utilization in analyzed varieties have a wide variability. Highest value was noted at Hungarian variety Szegedi 1023 (42.6%) and lowest at American variety Deer 418 (23.1%). Most of the analyzed varieties expressed good stability for panicle utilization. Most stabile were Sava, Dia, Reform, Szilard, Szegedi szlovak and Neoplanta + and least stabile was former Yugoslavian/Hungarian variety Jumak. First PCA axe picked up 61.5% of total variation. All the examined varieties were divided in two groups and several subgroups after cluster analysis.

Key words: broomcorn, panicle utilization, principal components analysis, stability