

ANALIZA VARIJABILNOSTI KOMPONENTI PRINOSA LUCERKE METODOM GLAVNIH KOMPONENTATA

*Dragan Milić, Slobodan Katić, Sanja Vasiljević,
Đura Karađić, Aleksandar Mikić*

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Izvod: Cilj rada je bio da se ispita genetička divergentnost 30 genotipova lucerke tokom 2001-2003. u sedam otkosa, na lokalitetu Rimski Šančevi. Varijabilnost genotipova je analizirana za osam kvantitativnih osobina: prinos zelene krme i suve materije, visinu biljaka, broj izdanaka (stabljika) po biljci, broj i dužina internodija, udeo lišća u prinosu i prečnik stabljika lucerke, kao i da se oceni koja od ispitivanih osobina najviše doprinosi međusobnom diferenciranju genotipova. Metodom glavnih komponentata određena je struktura izvora varijabilnosti. Za interpretaciju su odabrane četiri glavne komponente koje objašnjavaju 95,5% varijabilnosti ispitivanih genotipova. Najveći komunalitet (% udeo varijanse) sa prvom glavnom komponentom imaju dužina internodija, visina biljaka i udeo lišća koje su u visokoj međuzavisnosti. Druga glavna komponentata definisana je agronomski najvažnijim osobinama: prinosom zelene krme, prinosom suve materije i brojem stabljika po biljci. Treća i četvrta glavna komponentata su definisane brojem internodija i prečnikom stabljika.

Gljučne reči: varijabilnost, divergentnost, lucerka, metod glavnih komponentata

Uvod

Lucerka (*Medicago sativa* L.) je višegodišnja stranooplodna biljka entomofilnog načina oprašivanja. U prirodi se javlja kao divlja, a od davnina i kulturna vrsta. To je najznačajnija krmna biljka koja ostvaruje visoke prinose biomase, odlične nutritivne vrednosti i višestruke je namene u ishrani stoke (zelena krma, senaža, seno, briketi).

Areal gajenja lucerke je na svim kontinentima u više od osamdeset zemalja, od umereno hladnog do tropskog pojasa. Široka geografska rasprostranjenost lucerke uslovljena je njenom velikom adaptabilnošću na različite klimatske i zemljišne uslove, bolesti i štetočine (Julier et al., 1995). U Srbiji se gaji na 216.258 ha (www.fao.org).

Katic et al. (2005), ističu značaj geografskog porekla na varijabilnost kvantitativnih osobina sorti lucerke. Postojanje genetički divergentnih sorti i populacija lucerke kao početnog materijala u oplemenjivačkom radu je od izuzetnog značaja u ostvarivanju napretka u oplemenjivanju ove vrste (Crochemore et al., 1998).

Ekonomski najvažnije osobine lucerke kao što su prinos zelene krme i suve materije, kao i druge agronomski važne osobine (otpornost prema poleganju, kvalitet) su kvantitativne osobine. Istraživanje kvantitativnih osobina može

pomoći potpunijem iskorišćavanju varijabilnosti lucerke i efikasnijoj primeni metoda oplemenjivanja.

Analiza glavnih komponenata je metod multivarijacione analize koji se koristi u cilju smanjenja dimenzije skupa podataka uz što veće zadržavanje njegove varijabilnosti, kako bi se olakšalo predstavljanje podataka, bolje sagledala struktura populacije i odnosi među korišćenim promenljivim. Metod glavnih komponenata koncentriše varijabilnost na prve glavne komponente. Prva glavna komponenta objašnjava što je moguće veći deo varijabilnosti svih posmatranih osobina. Druga glavna komponenta nezavisna od prve, objašnjava najveću varijabilnost od onoga što preostaje kad se izdvoji prva i tako dalje.

Izbacivanje iz sistema svih komponenata koje imaju karakteristične korelove manje od jedinice je jedan od načina izbora broja odgovarajućih posmatranih glavnih komponenata. Međutim, izbor samo na osnovu ovog kriterijuma ne zadovoljava uvek. Ponekad je potrebno izabrati za posmatranje onoliko glavnih komponenti koliko je potrebno da bi se objasnio zadovoljavajući procenat varijabilnosti skupa.

Najčešće se vrši rotacija glavnih komponenata u onoliko glavnih komponenata sa koliko je moguće objasniti najveći deo varijabilnosti (Vasić, 2000). Rotacija se vrši da bi se jasnije sagledalo mesto svake proučavane osobine u sistemu glavnih komponenata. Međusobni odnos pojedinih osobina ostaje nepromenjen, ali se menja njihova korelacija sa glavnim komponentama, njihovo učešće u pojedinim glavnim komponentama i njihovo faktorsko opterećenje. Tako neke osobine postaju više povezane sa jednom glavnom komponentom, a manje sa drugom. Na taj način se dovodi do maksimuma varijansa ili udeo u varijabilnosti skupa glavnih komponenata i pojedinačnih osobina u njima. Faktorska opterećenja pojedinih osobina su maksimalna u jednoj od glavnih komponenata koliko je to moguće. Tako se najlakše može protumačiti uticaj glavne komponente, kao i sagledavanje odnosa između originalnih promenljivih (posmatranih osobina) i njihov uticaj na diferencijaciju skupa (posmatranih genotipova).

Analizu glavnih komponenti (Principal component analyses) za istraživanje genetičke divergentnosti prirodnih populacija i gajenih španskih ekotipova lucerke koriste Prosperi et al, (2006). Oni objašnjavaju 74 % varijabilnosti sa tri glavne komponente. Prva komponenta objašnjava 56,4 % varijabilnosti, i to je komponenta produkcije biomase. Druga glavna komponenta objašnjava 10,4 % varijabilnosti i ukazuje na variranje unutar populacije, dok je treća glavna komponenta (sa 7,2 % objašnjene varijanse) u pozitivnoj korelaciji sa prolećnim prinosima suve materije.

Za ispitivanje prinosa po otkosu i visine biljaka u različitim sistemima kosidbe divljih i gajenih populacija lucerke, Julier et al, (1995) koriste metod glavnih komponenata. Konstruisani PCA dijagram ima dve glavne komponente od kojih prva objašnjava 81,1 % ukupne varijabilnosti, a druga komponenta 14,2 % varijanse. Prva glavna komponenta definisana je visinom biljaka i prinosima po otkosu (izuzev prvog otkosa), dok je druga komponenta u pozitivnoj korelaciji sa prinosom prvog otkosa, a u negativnoj korelaciji sa prinosom jesenjeg otkosa.

Julier et al. (1996), vrše analizu genetičke varijabilnosti *M. sativa* kompleksa PCA metodom koristeći agronomske i morfološke osobine. Formirani PCA dijagram objašnjava 84,2 % varijanse sa dve glavne komponente, od kojih

prva glavna komponenta objašnjava 72,5 % varijanse, i definišu je brzina regeneracije, način rasta krunice, visina biljaka, oblik cvasti, broj semena po mahuni i težina semena, i druge glavne komponente koja objašnjava 11,7 % ukupne varijanse i definiše je otpornost na zimu. Analiza glavnih komponenata jasno razdvaja populacije lucerke u dve grupe. Prvu grupu čine tetraploidne gajene populacije lucerke podvrste *M. Sativa*, dok drugu grupu čine diploidne i tetraploidne divlje populacije *M. Sativa* i *M. falcata* podvrste.

Annicchiarico (2006), poredeći odomaćene populacije i moderne sorte u Italiji koristi metodu glavnih komponenata za istraživanje međuzavisnosti prinosa i komponenti prinosa na nivou biljke i nivou populacije.

Cilj rada je bio da se ispita varijabilnost kvantitativnih osobina trideset genotipova lucerke, kako bi se došlo do saznanja o genetičkoj varijabilnosti ispitivanih genotipova kao i da se proceni relativni doprinos tih osobina u ukupnoj varijabilnosti.

Materijal i metod rada

U okviru eksperimenta analizirano je 30 genotipova lucerke različitog porekla iz četiri udaljena geografska regiona: Zapadne Evrope (Francuska, Nemačka, Holandija) Jugoistočne Evrope (Srbija, Rumunija), Bliskog Istoka (Turska i Iran), i Severne Amerike (tab. 1).

Biljke su posejane u proleće 2001. godine u redove (razmak između biljaka u redu 0,5 m, a između redova 0,8 m), sa 20 kućica u redu, u tri ponavljanja po slučajnom blok sistemu.

Za analizu navedenih osobina je iz svakog ponavljanja uzeto 20 biljaka. Osobine su analizirane u sedam otkosa u toku istraživanja i to: u prvoj godini 2 otkosa, drugoj 4 otkosa i u trećoj godini života lucerke je analiziran prvi otkos. Vrednosti svih osobina za sorte računane su po biljci, kao prosečne vrednosti sedam otkosa.

Tabela 1. Poreklo genotipova lucerke
Table 1. Origin of alfalfa genotypes

Genotip Genotype	Poreklo Origin	Genotip Genotype	Poreklo Origin
1. Slavija	Srbija	16. Orca	Francuska
2. Novosađanka H-11	Srbija	17. Maya	Francuska
3. NS Mediana ZMS V	Srbija	18. Alegro	Francuska
4. NS Banat ZMS II	Srbija	19. Paula	Nemačka
5. NS Bačka ZMS I	Srbija	20. Lubella	Nemačka
6. NS Vršac ZMS IV	Srbija	21. BVR-2	Nemačka
7. Selena	Rumunija	22. Star	Holandija
8. Triumph	Rumunija	23. Erbi	Holandija
9. Lutetia	Rumunija	24. Defi	Holandija
10. Zuzana	Češka	25. Bilensoy	Turska
11. Jarka	Češka	26. Peru	Turska
12. Niva	Češka	27. Ghareh Yon Geh	Iran
13. Glacier	Francuska	28. Nomad alfalfa	SAD
14. Pecy	Francuska	29. Mesa sirsa	SAD
15. Lifeuil	Francuska	30. Cherokee	SAD

Analizirana su sledeća svojstva: 1. prinos zelene krme (g po biljci); 2. prinos suve materije (g po biljci biljci); 3. visina biljaka u momentu košenja (cm); 4. broj izdanaka po biljci; 5. udeo lišća u prinosu (%) dobijen odvajanjem lišća od stabljika, potom sušenjem i merenjem; 6. broj internodija, je određen nakon košenja brojanjem internodija od preseka do vrha stabljike (korišćen je isti uzorak kao za određivanje visine biljaka); 7. prosečna dužina internodija (cm) je izračunata deljenjem dužine stabljike sa brojem internodija; 8. prečnik stabljike u osnovi (mm) meren je na preseku stabljike, a korišćen je isti uzorak kao i za dužinu stabljike.

U cilju definisanja doprinosa osobina u ukupnoj varijabilnosti primenjena je statistička metoda iz grupe multivarijacionih analiza - metoda glavnih komponentenata. Ona pripada grupi multivarijacionih analiza koja se koristi u analizi kompleksnih pojava (genotipa, populacija, prinosa kao složene osobine) koje su složene zbog brojnosti osobina ili faktora koji ih definišu (Vasić, 2000).

Izbor glavnih komponentenata izvršen je na osnovu procenata objašnjene varijabilnosti, (95,5 %), a ne na osnovu scree testa, jer se pomoću njega mogu odabrati dve komponente pošto vrednost karakterističnog korena pada ispod jedinice već nakon druge glavne komponente (graf. 1), a sledeće dve su blizu jedinice. Karakteristični koren pokazuje koliko je učešće svake komponente u posmatranom skupu, to jest u njegovoj varijabilnosti. Na osnovu dve glavne komponente procenat objašnjene varijanse je 79 % što nije dovoljno za objašnjenje varijabilnosti kolekcije lucerke, te je urađena kvadrimaks rotacija i stepen objašnjene varijabilnosti je rastao sa povećanjem broja glavnih komponentenata koje su uzete u razmatranje (tab. 2). Analiza glavnih komponentenata urađena je u statističkom programu SYSTAT 10.

Rezultati i diskusija

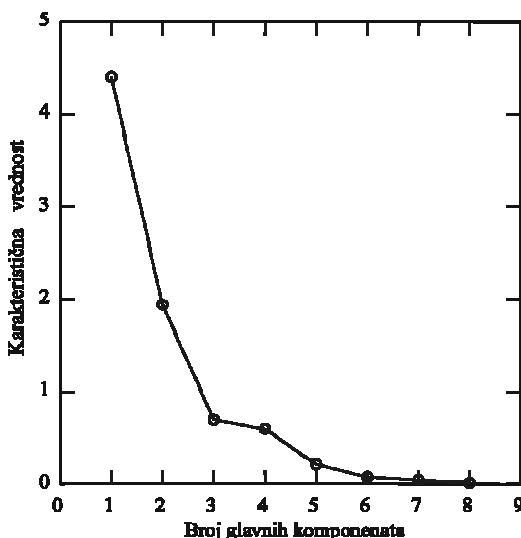
Analiza odnosa osobina ispitivanih genotipova lucerke izvršena je metodom analize glavnih komponentenata. Interpretacija glavnih komponentenata i rotiranih promenljivih izvršena je na osnovu procenta objašnjene varijabilnosti (95,5 %) sa četiri odabrane glavne komponente.

Prva glavna komponenta objašnjava 37,1 % varijabilnosti. Prvu grupu osobina genotipova lucerke kojima je definisana ova komponenta čine dužina internodija ($Y_1 = 0,947$), visina biljaka ($Y_1 = 0,874$) i udeo lišća u prinosu ($Y_1 = -0,921$) koja je u visokoj negativnoj korelaciji sa ove dve osobine. Ove osobine u najvećem procentu učestvuju u divergentnosti proučavanih genotipova i nose najveći deo njihove varijabilnosti. Može se reći da genotipovi viših prinosa imaju i duže stabljike i manji udeo lišća u prinosu.

Visok stepen korelacije sa drugom glavnom komponentom imaju broj izdanaka po biljci ($Y=0,943$), prinos zelene krme ($Y=0,888$) i prinos suve materije ($Y=0,861$), te se ova komponenta može nazvati i komponenta produktivnosti. To su osobine koje izrazito određuju prinos lucerke. Koristeći ovu glavnu komponentu (objašnjava 34,7 % varijabilnosti) u diferencijaciji genotipova, dobili bi smo podelu na genotipove sa velikim prinosom krme i sena i sa najvećim brojem izdanaka po biljci. Nasuprot njih bili bi genotipovi manjeg prinosa i broja stabljika po biljci.

Treća glavna komponenta objašnjava 12,4 % varijanse prečnika stabljike i najbolje govori o otpornosti genotipova na poleganje, jer je sa ovom

komponentom prečnik stabljike u visokoj korelaciji ($Y3=0,903$) i genotipovi lucerke značajno variraju u prečniku stabljike (oko 10 % ukupne varijabilnosti). Četvrta glavna komponenta objašnjava 11,1 % ukupne varijanse. Broj internodija je osobina koja je u visokoj korelaciji sa četvrtom glavnom komponentom ($Y4=0,861$). To je osobina koje dominira u ovoj komponenti i doprinosi diferencijaciji genotipova sa oko 10 % ukupne varijabilnosti (tab. 2).



Graf. 1. Prikaz Scree testa glavnih komponentata za ispitivane osobine lucerke
Graph. 1. Scree test of PCA of examined traits of alfalfa

Tabela 2. Analiza glavnih komponentata ispitivanih osobina lucerke
Table 2. PCA of examined traits of alfalfa

Osobina (trait)	Y1	Y2	Y3	Y4
Prinos zelene krme - forage yield	0,396	0,888	0,129	0,113
Visina biljaka - plant height	0,874	0,260	0,121	0,298
Broj izdanaka - stem number per plant	0,034	0,943	-0,245	0,053
Prečnik stabljika - stem diameter	0,389	0,027	0,905	-0,074
Prinos suve materije - dry matter yield	0,390	0,861	0,231	0,135
Broj internodija - internode number	0,062	0,478	-0,092	0,861
Dužina internodija - internode length	0,947	0,102	0,146	-0,153
Udeo lišća u prinosu - portion of leaves	-0,921	-0,231	-0,005	0,032
Karakteristični koren - specific root	2,974	2,780	0,994	0,894
% ukupne varijanse % - of total variance explained	37,1	34,7	12,4	11,1
Zbirni komunaliteti % - cumulative variation %	37,1	71,8	84,4	95,5

Visok stepen međuzavisnosti sa četvrtom glavnom komponentom pokazuje broj internodija stabljika lucerke ($Y4=0,861$). Broj internodija je osobina koja utiče na variranje genotipova i ukazuje da sa 11,1 % varijanse doprinosi značajnim razlikama između genotipova.

Metodom glavnih komponenata Delgado (1996) analizira genetičku udaljenost i bliskost i agronomsku vrednost gajenih i divljih ekotipova lucerke u Španiji na osnovu morfoloških i agronomskih osobina. Formirani PCA dijagram je na bazi dve glavne komponente. Prva glavna komponenta objašnjava 36,8 % varijabilnosti i definišu je morfološke i agronomске osobine. Druga glavna komponenta objašnjava 20,3 % ukupne varijanse i definišu je agronomске osobine. Rezultati ukazuju na postojanje sličnosti i razlika između španskih gajenih ekotipova i divljih ekotipova lucerke na osnovu geografskog porekla.

Jenczewski et al. (1999) proučavajući protok gena unutar i između divljih i gajenih populacija lucerke u Španiji, primenom PCA analize dobijaju jasno razdvajanje 13 kvantitativnih osobina gajenih i divljih španskih populacija u 4 glavne komponente lucerke kao i podelu unutar populacija na osnovu kvantitativnih osobina. Naša istraživanja potvrđuju rezultate Jenczewski et al. (1999) o izboru 4 glavne komponente u analizi varijabilnosti kvantitativnih osobina kolekcije lucerke.

Analiza glavnih komponenata je omogućila sagledavanje strukture varijabilnosti genotipova sa ciljem da se proceni doprinos pojedinih osobina u ukupnoj varijabilnosti.

Zaključak

Analiza glavnih komponenata daje prikaz strukture varijabilnosti ispitivane kolekcije genotipova lucerke.

Metodom glavnih komponenti omogućeno je sagledavanje 95,5 % varijabilnosti ispitivane kolekcije lucerke. Za analizu varijabilnosti su bile dovoljne četiri glavne komponente.

Glavne osobine na osnovu kojih se može izvršiti diferencijacija ispitivanih genotipova su: dužina internodija, visina biljaka i udeo lišća koje objašnjavaju 37,1 % ukupne varijabilnosti (prva glavna komponenta). Prinos zelene krme i suve materije i broj stabljika po biljci su agronomski najvažnije osobine koje definišu drugu glavnu komponentu (objašnjava 34,7 % varijabilnosti). Broj internodija i prečnik stabljika su osobine koje dominiraju u trećoj i četvrtoj glavnoj komponenti i objašnjavaju svaka po 10 % ukupne varijabilnosti kolekcije lucerke.

Primenjena metoda multivarijacione analize doprinosi boljem i uspešnijem sagledavanju varijabilnosti kolekcije lucerke različitog geografskog porekla što pomaže efikasnijoj realizaciji postavljenih ciljeva oplemenjivanja.

Literatura

- Annicchiarico P. (2006): Diversity, genetic structure, distinctness and agronomic value of Italian lucerne (*Medicago sativa* L.) landraces. *Euphytica* 148, 269-282.
- Crochemore M. L., Huyghe C., Ecale C. and Julier B. (1998): Structuration of alfalfa genetic diversity using agronomical and morphological characteristics. Relationship with RAPD markers. *Agronomie* 18, 79-94.
- Đukić D. (2002): Biljke za proizvodnju stočne hrane. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 421.
- Delgado I. E. (1996): The lucerne in Spain. Characterization of the cultivated and spontaneous ecotypes. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 18, 65-70.
- FAOSTAT (2004): www.fao.org

- Jenczewski E., Prosperi J. M. and Ronfort J. (1999): Evidence for gene flow between wild and cultivated *Medicago sativa* (Leguminosae) based on allozyme markers and quantitative traits. *Am. J. Bot.* 86, 677-687.
- Julier, B., Porcheron, A. Ecalle, C. and Guy P. (1995): Genetic variability for morphology, growth and forage yield among perennial diploid and tetraploid lucerne populations (*Medicago sativa* L.). *Agronomie* 15, 295-304.
- Julier, B. Huyghe, Ch. Guy, P. and Crochemore M. L. (1996): Genetic variation in *Medicago sativa* complex. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 18, 91-102.
- Katic S., Milic D. and Vasiljevic S. (2005): Variability of dry matter yield and quality of lucerne genotypes depending on geographic origin. *EGF, Grassland Sci. in Europe*, 10, 537-540.
- Kendall, M. 1980. *Multivariate analysis*. 2nd ed. MacMillan, New York, 210.
- Prosperi J.M., Jenczewski E., Angevain M, and Ronfort J. (2006): Morphologic and agronomic diversity of wild genetic resources of *Medicago sativa* L. collected in Spain. *Genet. Resour. Crop Evol.* 53, 843-856.
- Vasić M. (2000): Genetička divergentnost u komponentama prinosa i kvalitetu zrna pasulja (*Phaseolus vulgaris* L.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

A STUDY OF VARIABILITY OF ALFALFA YIELD COMPONENTS USING PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS

*Dragan Milić, Slobodan Katić, Sanja Vasiljević,
Đura Karačić, Aleksandar Mikić*

Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

Summary: The aim of this paper was to examine the genetic divergence of 30 alfalfa genotypes (tab. 1). The study was carried out during 2001-2003 at Rimski Šančevi and included seven cuts. Genotype variability was analyzed using eight quantitative traits, namely green forage yield, dry matter yield, plant height, shoot (stem) number per plant, internode length and number, leaf contribution to yield, and stem diameter.

Principal component analysis was used to determine the structure of the sources of variability. Four principal components explaining 95.5 % of the genotype variability were chosen for interpretation (tab. 2). The greatest communality with the first principal component was found for internode length, plant height and leaf contribution to yield, which were all highly interdependent. The second principal component was defined by the agronomically most important traits, namely green forage yield, dry matter yield and stem number per plant. The third and fourth principal components were defined by internode number and stem diameter.

Key words: alfalfa, variability, divergence, principal component analysis