

## **Primena klaster analize za ocenu selekcionih vrednosti F<sub>1</sub> sejanaca krompira**

- Originalni naučni rad -

Slaven PRODANOVIĆ<sup>1</sup>, Dejan MANOJLOVIĆ<sup>2</sup>, Drago MILOŠEVIĆ<sup>3</sup> i  
Tomislav ŽIVANOVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, Beograd

<sup>2</sup>SO Ivanjica, Odeljenje za poljoprivredu

<sup>3</sup>Agronomski fakultet, Čačak

**Izvod:** Oplemenjivači biljaka odabiraju superiorne genotipove iz jedne generacije za zasnavanje naredne generacije na osnovu ocene fenotipskih vrednosti većeg broja poželjnih osobina. Pri odabiranju se javlja problem zato što biljke za neke poželjne osobine imaju dobre fenotipske vrednosti, a za druge imaju loše. Broj biljaka i sastav genotipova u odabranoj grupi sa kojom se nastavlja rad često zavisi od subjektivnog pristupa oplemenjivača. Međutim, oplemenjivačima stoji na raspolaganju klaster analiza koja omogućava objektivno grupisanje biljaka po vrednostima većeg broja osobina. U ovom radu postavljena je hipoteza da primena klaster analize omogućava oplemenjivačima izdvajanje grupe superiornih genotipova po željenim osobinama koje treba odabrati za dalji rad, kao i grupe slabih genotipova koje treba odbaciti. Za formiranje grupa genotipova po vrednostima šest poželjnih osobina korišćena je populacija F<sub>1</sub> sejanaca krompira, a provera hipoteze izvršena u njihovom klonskom potomstvu na osnovu prinosa krtola. Utvrđeno je da su se sejanci krompira razdvojili u četiri klastera (A, B, C i D) čija su klonska potomstva imala vrlo različit prinos krtola. Da su potomstva različitih grupa imala sličan prinos krtola, hipoteza bi bila odbačena. Zaključeno je da primena klaster analize pomaže oplemenjivačima da odaberu superiorne genotipove po željenim osobinama i da odrede kvantitet materijala koji ima vrednost za selekciju.

**Ključne reči:** F<sub>1</sub> hibridi, klaster analiza, klonovi, krompir, sejanci, selekcija.

### **Uvod**

Rana selekcija krompira započinje od sejanaca iz hibridnog semena F<sub>1</sub> generacije, *Bugarčić i sar.*, 1992. Sejanci iz iste hibridne kombinacije su heterozigotni te predstavljaju početnu populaciju za odabiranje superiornih genotipova. Odabiranje *J. Sci. Agric. Research/Arh. poljopr. nauke* 68, 241 (2007/1), 39-46

sejanaca zasniva se na prinosu krtola, **Bradshaw** i **Mackey**, 1994, **Pande i sar.**, 2005, **Kumar** i **Kang**, 2005, ili na osobinama koje su u pozitivnoj korelaciji sa prinosom krtola, **Dayal i sar.**, 1984, **Tourneux i sar.**, 2003. Individualna selekcija usmerena direktno na prinos krtola ili indirektno na komponente prinosa favorizuje ekspresivne genotipove samo po jednom parametru. U praktičnom radu, oplemenjivač krompira posmatra veći broj osobina kako bi odlučio koje genotipove treba zadržati, a koje odbaciti. Pouzdana metoda za ocenu divergencije genotipova po većem broju osobina je klaster analiza, **Ward**, 1963. Mnogi istraživači su primenom klaster analize grupisali genotipove krompira po sličnosti i različitosti, **Bryan i sar.**, 1999, **Ghislain i sar.**, 2001, **Bornet i sar.**, 2002, **del Rio** i **Bamberg**, 2004. U ovom radu postavljeno je za cilj da se primenom klaster analize odredi grupa najboljih sejanaca od koje se očekuje superiorno klonsko potomstvo. Sejanci su grupisani na osnovu vrednosti šest kvantitativnih osobina (prinos krtola i pet osobina koje su u pozitivnoj korelaciji sa prinosom krtola). Kod klonskog potomstva izmeren je prinos krtola u cilju provere selekcionih vrednosti formiranih grupa  $F_1$  sejanaca.

### Materijal i metode

Ogledi sa hibridnim sejanacima krompira i njihovim klonskim potomstvom postavljani su u Centru za krompir u Guči, tokom 1999. i 2000. godine. Korišćen je savremeni mrežarnik, koji onemogućava ulazak lisnih vašiju, prenosnika virusa. Time je sprečeno izrođavanje, odnosno degeneracija materijala.

Za ukrštanje korišćene su dve holandske sorte: majka Cosmos i otac Van Gogh, **Prodanović i sar.**, 1996. Hibridizacija je izvršena u predoglednoj 1998. godini, a dobijenih 2767 hibridnih semena posejano je 1999. godine u plastične kadice. Hranljivi supstrat u kadicama sastojao se od mešavine peska (1/3), glistenjaka (1/3) i treseta (1/3), uz dodatak 0,5% zeolita. Nakon 25 dana od setve, uzet je slučajni uzorak od 150 sejanaca koji su pikirani u keramičke saksije. Za supstrat u saksijama uzeto je prosejano smeđe skeletoidno zemljište na flišu. **Lutra i sar.**, 2005, su predložili da je dovoljno ispitati oko 120 potomaka u generaciji sejanaca za dobijanje relevantnih oplemenjivačkih parametara. Kod  $F_1$  sejanaca praćene su vrednosti sledećih osobina: broj listova po biljci, ukupna površina listova biljke ( $\text{cm}^2$ ), sadržaj hlorofila u lisnom tkivu ( $\text{mg/g}$ ) i prinos krtola po biljci ( $\text{g}$ ). Lisna površina određena je metodom konture lista na hartiji, a sadržaj hlorofila određen je u acetonskom rastvoru metodom spektrofotometrije.

Krtole dobijene od  $F_1$  sejanaca posađene su u 2000. godini na rastojanju 75 x 33 cm (gustina 40000 biljaka/ha) radi proizvodnje klonskog potomstva. Sadnja je izvršena u prethodno pripremljeno smeđe skeletoidno zemljište na flišu. Klonsko potomstvo svakog sejanca obeleženo je odgovarajućim rednim brojem (od 1 do 150). Na kraju vegetacionog perioda izmeren je prinos krtola svake biljke-klona.

U obe istraživačke godine vršene su mere nege i preventivne zaštite biljaka adekvatnim hemijskim preparatima u tipu EC formulacije koji nemaju negativan uticaj na merenja i rezultate rada.

Za obradu baze od 900 podataka (150 sejanaca x 6 osobina) korišćena je hijerarhijska klaster analiza, po vezujućem rasporedu (*agglomeration schedule*) metodom međugrupnog ukopčavanja (*between groups linkage*), koristeći kvadrate Euklidskih distanci (*squared Euclidean distance*) kao mere intervala, prema programu *SPSS*, 2000. Horizontalnim dendrogramom prikazan je način hijerarhijske povezanosti  $F_1$  sejanaca po sličnosti za sve ispitivane osobine.

### Rezultati i diskusija

Korišćena populacija sejanaca se usled heterozigotnosti odlikovala znatnom varijabilnošću osobina. Varijaciona širina u populaciji  $F_1$  sejanaca za broj listova, ukupnu površinu listova, prosečnu površinu listova i sadržaj hlorofila imala je vrednosti bliske srednjim vrednostima ovih osobina, osim za prinos krtola (Tabela 1). Razlika (118,45 g) između sejanca sa najvećim prinosom krtola i sejanca sa najmanjim prinosom krtola znatno je prevazilazila prosečnu vrednost krtola po biljci u populaciji (33,15 g).

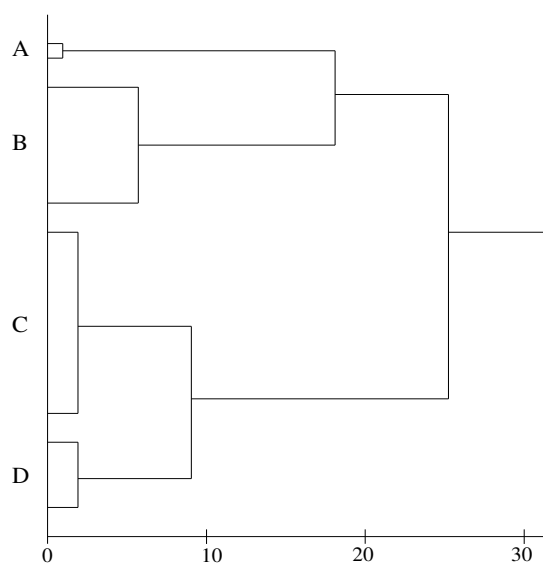
Tabela 1. Pokazatelji osobina u populaciji  $F_1$  sejanaca  
*Parameters of Traits in  $F_1$  Population of Seedlings*

Osobine - Traits	Pokazatelji - Parameters		
	Prosek Average	Varijaciona širina Interval of variation	sd
Broj listova Leaf number	26,37	20,00	3,42
Prosečna površina lista (cm <sup>2</sup> ) Mean leaf area (cm <sup>2</sup> )	4,95	4,27	1,08
Ukupna površina listova (cm <sup>2</sup> ) Total leaf area (cm <sup>2</sup> )	131,32	148,49	35,53
Sadržaj hlorofila (mg/g) Chlorophyll content (mg/g)	2,381	2,171	0,483
Žetveni indeks Yield index	0,78	0,31	0,07
Prinos krtola (g) Tuber yield (g)	33,15	118,45	24,05

Izrazita fenotipska divergencija osobina u populaciji sejanaca predstavlja dobru osnovu za primenu selekcije, kao i za primenu klaster analize.

Za klasterovanje je korišćena baza od 900 podataka, odnosno po šest vrednosti ispitivanih osobina kod 150 genotipova. Ove vrednosti nisu ovde prikazane jer bi to prevazišlo dozvoljeni obim rada. Kao rezultat klaster analize dobijen je dendrogram u kojem su povezani slični sejanaci u grupe. Na dendrogramu su se izdvajale četiri grupe sejanaca, označene slovima od A do D (Grafikon 1).

Grupa sejanaca A sastoji se od samo dva genotipa (oznake 7 i 17), grupa B od 48, grupa C od 73 i grupa D od 27 (Tabela 2).



Grafikon 1. Dendrogram povezivanja hibridnih sejanaca  
The dendrogram clustering the hybrid seedlings

Prosečni prinosi po biljci u klonskom potomstvu od sejanaca iz četiri grupe iznosili su od 42,49 g do 507,07 g. Klonovi od sejanaca 7 i 17, povezani u grupu A nadmašili su po prinosu krtola (507,07 g) prosek populacije klonova (144,27 g po biljci) za 362,80 g ili za oko 3,5 puta. Klonovi 7 i 17 međusobno su se razlikovali po prinosu krtola za 45,11 g.

Tabela 2. Grupe  $F_1$  sejanca i prinos krtola njihovih klonova  
Clusters of  $F_1$  Seedlings and Tuber Yield of their Clones

Grupa Group	Sejanci - Seedlings		Prinos krtola klonova (g) Tuber yield of clones (g)		
	Broj sejanaca No. of seedlings	Oznaka sejanaca Designation of seedlings	Prosek Mean	Varijaciona širina Interval of variation	sd
A	2	7, 17	507,07	45,11	31,90
B	48	1-6, 8-16, 18-50	257,10	264,97	64,34
C	73	51-100, 102, 104-105, 109, 111-112, 114-117, 122, 126-127, 131-133, 137, 144-147, 149-150	97,79	96,53	25,03
D	27	101, 103, 106-108, 110, 113, 118-121, 123-125, 128-130, 134-136, 138-143, 148	42,49	52,68	10,86
Ukupno Total	150	1-150	144,27	508,39	102,17

Varijaciona širina prinosa krtola po biljci opadala je od B-klonova (264,97 g), preko C-klonova (96,53 g) do D-klonova (42,68 g), u skladu sa smanjenjem prosečne vrednosti prinosa kod istih grupa.

Očigledno da klaster analiza pomaže da se u populaciji fenotipski divergentnih sejanaca lako uoči grupa A superiornih genotipova koji se odlikuju dobrim karakteristikama, odnosno visokim vrednostima svih šest ispitivanih osobina. Sejanci iz grupe A imaju najveću selekcionu vrednost, odnosno daju najbolje potomstvo. Oplemenjivači sa najstrožijim kriterijumima bi izabrali za dalji rad samo genotipove iz jednog klastera, u ovom slučaju genotipove iz A-klastera.

Ukoliko oplemenjivači vrše selekciju po blažim kriterijumima, potrebno je povećati broj klastera koji se koristi. U konkretnom slučaju hibridnih sejanaca krompira, uključivanjem klastera B u selekciju, dobijaju se klonovi prosečnog prinosa krtola od 257,10 g, što je za 112,83 g više od proseka populacije. Izbor većeg broja sejanaca omogućava da se tokom selekcije u generacijama klonova iz šireg spektra odaberu odgovarajući genotipovi.

Klaster analiza ukazuje i na sejance koje treba eliminisati iz dalje selekcije, u ovom istraživanju iz klastera C i D. Klonovi ovih sejanaca imali su prinos krtola po biljci (97,79 g i 42,49 g) ispod proseka populacije. Ranija identifikacija loših genotipova značajna je radi smanjenja troškova u selekciji krompira.

U dosadašnjim istraživanjima klaster analiza je već primenjivana u oplemenjivanju krompira. Uglavnom se radilo o njenoj primeni u formiranju sržnih kolekcija (*core-collection*) i pri planiranju hibridizacija između divergentnih roditelja. Rezultati ovog rada ukazuju da klaster analiza može naći primenu i pri oceni selekcionih vrednosti hibridnog potomstva krompira.

**Bryan i sar.**, 1999, su ocenili genetičku divergenciju u germplazmi krompira primenom klaster analize. Njihov cilj je bio da identifikuju slične uzorke, kako bi smanjili troškove održavanja materijala.

**Ghislain i sar.**, 2001, primenom klaster analize uporedili su sorte krompira iz Indije i Južne Amerike. Ocena divergentnih grupa sorti je značajna pri planiranju ukrštanja, da bi se odabrali što udaljeniji roditeljski genotipovi. Slična istraživanja obavili su **Bornet i sar.**, 2002, upoređujući genetički diverzitet između evropskih i argentinskih gajenih formi krompira.

## Zaključak

Prema rezultatima naših istraživanja primena klaster analize omogućuje da se na jednostavan i objektivan način izvrši procena selekcionih vrednosti  $F_1$  sejanaca krompira. Metodom klasterovanja hibridnih sejanaca u grupe sa sličnim fenotipskim karakteristikama, izdvajaju se bolji genotipovi iz populacije po većem broju osobina. Sejanci iz najbolje grupe su poželjni u selekciji i od njih se može očekivati najbolje klonsko potomstvo. U ovom radu izdvojeni su sejanci krompira grupe A, koji su superiornost svojih genotipova pokazali visokim prinosom krtola u generaciji klonova. Ocena fenotipske divergencije sejanaca pomaže oplemenjivačima da

identifikuju grupe lošijih genotipova i da izvrše eliminaciju nepotrebnog selekcionog materijala.

### Literatura

- Bornet, B., F. Goraguer, G. Joly** and **M. Branchard** (2002): Genetic diversity in European and Argentinean cultivated potatoes (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) detected by inter-simple sequence repeats (ISSRs). *Genome* **45** (3): 481-484.
- Bradshaw, J.E.** and **G.R. Mackay** (1994): *Potato Genetics*, eds J. E. Bradshaw & G. R. Mackay, CAB International, Wallingford, UK, pp. 576.
- Bryan, G., J. Provan, J. Mc Nicoll, D. Milbourne, W. De Jong** and **R. Waugh** (1999): Tools for assessing genetic diversity in potato and other solanaceous plant species. Plant and Animal Genome VII Conference, January 17-21, 1999, San Diego, CA, P-197.
- Bugarčić, Ž., Z. Vasiljević** i **A. Đokić** (1992): Uticaj roditeljskih komponenti na formiranje bobica kod krompira pri ručnom ukrštanju. *Savrem. poljopr.* **40** (5): 69-72.
- Dayal, T.R., M.D. Upadhyya** and **S.N. Chaturvedi** (1984): Correlation studies on 100 true seed weight, tuber yield and other morphological traits in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Res.* **27** (2): 185-188.
- Ghislain, M., F. Rodriguez, J. Nutez, P. Naik, Z. Humssn** and **M. Bonierbale** (2001): Comparison of genetic diversity of potato varieties from India and South America. Plant & Animal Genome IX Conference, January 13-17, 2001, San Diego, CA, USA, Poster SSR.
- Kumar, R.** and **G.S. Kang** (2005): Heterosis and combining ability for yield and its components in potato in early. *Potato J.* **32** (1-2): 56-59.
- Luthra, S.K., J. Gopal** and **P.C. Sharma** (2005): Genetic divergence and its relationship with heterosis in potato. *Potato J.* **32** (1-2): 28-31.
- Pande, P.C., S.K. Luthra, B.P. Singh** and **S.K. Pandey** (2005): Selection of superior crosses on the basis of progeny mean in potato. *Potato J.* **32** (3-4): 89-93.
- Prodanović, S., B. Jovanović, R. Maletić** i **Ž. Bugarčić** (1996): Ocena pogodnosti holandskih sorata krompira za gajenje u planinskom području Srbije. Zb. rad. Prvog Balkanskog simpozijuma ISHS "Povrće i krompir", 4-7. jun 1996, Beograd, Jugoslavija.
- del Rio, A.H.** and **J.B. Bamberg** (2004): Geographical parameters and proximity to related species predict genetic variation in the inbred potato species *Solanum verrucosum* Schlecht. *Crop Sci.* **44**: 1170-1177.
- SPSS Inc.** (2000): *SPSS 10.0 for Windows: Application Guide*, ed. SPSS Co. Chicago, Illinois, USA.

**Tourneux, C., A. Devaux, M.R. Camacho, P. Mamani and J.-F. Ledent** (2003): Effects of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia (I): morphological parameters, growth and yield. *Agronomie* 23: 169-179.

**Ward, J.H.** (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Amer. Stat. Assoc.* **58** (301): 236-244.

Primljeno: 16.11.2006.

Odobreno: 18.12.2006.

\* \*  
\*

## The Application of the Cluster Analysis for Estimating Selection Values of $F_1$ Potato Seedlings

- Original scientific paper -

Slaven PRODANOVIĆ<sup>1</sup>, Dejan MANOJLOVIĆ<sup>2</sup>, Drago MILOŠEVIĆ<sup>3</sup> and  
Tomislav ŽIVANOVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Beograd

<sup>2</sup>Municipal Council Ivanjica, Department of Agriculture

<sup>3</sup>Faculty of Agronomy, Čačak

### Summary

Possibilities of the application of the cluster analysis in selection of potato were analysed in this paper. Experiments were conducted in a contemporary net house of the Potato Research Center at Guča during two years, 1999 and 2000. The population of 150 genotypes obtained after crosses between two Dutch varieties (Cosmos and Van Gogh) was used as a material for investigations. Values of six traits (leaf number per plant, total leaf area of plant, mean leaf area, chlorophyll content in leaves, yield index and tuber yield per plant) were measured in  $F_1$  seedlings. The hierarchical cluster analysis was applied for the estimation of phenotypic diversity among seedlings. Seedlings were grouped in four clusters (A, B, C and D). The smallest cluster A contained two superior genotypes with the highest values of investigated traits. The tuber yield of clones from A-seedlings (507,07 g) overcame a mean tuber yield in the population of clones (144,27) about 3.5 times. The cluster analysis was proved to be a useful method for estimating selection values of  $F_1$  seedlings in early selection of potato.

Received: 16/11/2006

Accepted: 18/12/2006

Adresa autora:

Slaven PRODANOVIĆ

Poljoprivredni fakultet

Nemanjina 6

11080 Beograd-Zemun

Srbija

E-mail: slavenp@agrifaculty.bg.ac.yu

46

*J. Sci. Agric. Research/Arh. poljopr. nauke* 68, 241 (2007/1), 39-46