

IMPLEMENTACIJA NUMERIČNIH METOD OCENJEVANJA KAKOVOSTI KRIŽANCEV HMELJA

Viljem PAVLOVIČ¹, Andreja ČERENAK², Martin PAVLOVIČ², Črtomir ROZMAN¹

UDK / UDC 633.791:631.528 (045)
izvirni znanstveni članek / original research article
prispelo / received: 10.08.2008
sprejeto / accepted: 19.12.2008

IZVLEČEK

Žlahtnjenje hmelja v smeri tržno zanimivih sort omogoča možnost nadaljnega razvoja hmeljarstva in prispeva k ohranitvi mednarodne panožne konkurenčnosti. Pri ocenjevanju perspektivnosti posameznih križancev so zelo uporabne tudi različne numerične metode. Cilj uporabe numeričnih metod v klasifikacijskih analizah je izdelava objektivne in stabilne klasifikacije. Metode umetne inteligence sicer ne bodo nadomestile ekspertov, lahko pa so nam v pomoč pri odločanju. V ospredju sta predvsem hitrost in zanesljivost procesiranja informacij kar pa je ključnega pomena za kakovostno odločanje. V prispevku je prikazana uporaba numeričnih metod pri ex post analizi perspektivnosti slovenskih križancev hmelja.

Ključne besede: žlahtnjenje hmelja, numerične metode, podpora odločanju

IMPLEMENTATION OF NUMERICAL METHODES FOR ASSESSMENT OF HOP HYBRIDS

ABSTRACT

Hop breeding focused on new varieties according to hop market demands enables a development of a hop industry and keeps up its international competitive position. A use of various numerical methods can be of benefit in assessment of perspective hop hybrids. Numerical methods are used in classification analyses in order to obtain objectives and a stable classification. Methods based on artificial intelligence cannot replace experts. However, they can be of great help in a decision-making. Speed and reliability of processing information are in the forefront that is crucial to efficient decision-making. The article presents a use of numerical methods in ex post hop hybrids assessment in Slovenia.

Key words: hop breeding, numerical methods, decision-making support

¹ Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, SI-2311 Hoče

² Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalskega tabora 2, SI-3310 Žalec

1 UVOD

Žlahtnjenje hmelja v smeri tržno zanimivih sort prispeva k ohranitvi mednarodne panožne konkurenčnosti in omogoča možnost nadaljnjega razvoja hmeljarstva. Izkušnje iz preteklosti namreč kažejo, da tuje sorte hmelja v RS niso dosegale primerljivih rezultatov – predvsem glede višine in kakovosti pridelka. Zaradi potrebe zagotavljanja dolgoročne konkurenčnosti slovenskega hmeljarstva so za širitev domačega sortimenta zelo zainteresirani predvsem končni uporabniki rezultatov – hmeljarji in hmeljski trgovci. Pridelovalci hmelja RS pa program žlahtnjenja novih sort hmelja tudi finančno podpirajo [11,13].

Žlahtnjenje hmelja združuje več ciljev, ki vodijo do zelenih sort hmelja, prilagojenih našim ekološkim razmeram in potrebam hmeljskega trga. Vzgojo novih sort narekujejo tudi pojavi novih bolezni in škodljivcev, potrebe po zmanjšanju ostankov sredstev za varstvo rastlin v hmelju in zmanjšanju števila škropljenj iz ekonomskega in ekološkega vidika ter spremembe klimatskih dejavnikov. Pri vzgoji novih sort izhajamo iz predpostavk [2], da morajo novi križanci vključevati (i) dobre pridelovalne lastnosti – v smislu zmanjševanja števila skupnih delovnih ur, (ii) odpornost proti stresnim pogojem – predvsem v sušnih razmerah, (iii) odpornost proti boleznim in škodljivcem (iv) konkurenčen hektarski donos, (v) zeleno pivovarsko vrednost, itd.

Za opis genske diverzitete hmelja se uporabljajo numerični podatki kemijskih analiz in fizikalnih meritev ter senzorične ocene hmeljne rastline. Za kakovostno odločitev pri selekciji in nadaljnji vzgoji se eksperti pri klasičnem žlahtnjenju lahko zanašajo predvsem na svoje izkušnje in množico numeričnih podatkov, kjer ni vedno enostavno opaziti korelacij. Cilj uporabe numeričnih metod v klasifikacijskih analizah je izdelava objektivne in stabilne klasifikacije. Objektivne v smislu, da z analizo iste množice objektov z enakim numeričnim postopkom dobimo vedno isto klasifikacijo. Stabilne pa, da klasifikacija ostane nespremenjena, če dodamo tako nove objekte kot tudi če razširimo opis njihovih karakteristik. V večini primerov uporabe analize razvrščanja v skupine razumemo, da je razdelitev množice podatkov taka, da vsak objekt pripada eni skupini in množica vseh skupin vsebuje vse objekte [1,6,7,8,14].

Patzak v svoji študiji [10] opisuje uporabo metode razvrščanja podatkov v skupine za določevanje genske sorodnosti pri selekciji. S »Clustersko analizo« se ukvarjata tudi Henning in Townsend [9], kjer uporabljata za opis genske diverzitete hmelja numerične podatke kemijskih analiz in fizikalnih meritev ter senzorične ocene hmeljne rastline. Tudi Pavlovič in sod. [12] kažejo na možnost uporabe numeričnih metod pri selekciji hmelja. Kakovostne in hitre odločitve na osnovi množice podatkov lahko občutno skrajšajo čas, ki je potreben za uspešno introdukcijo nove sorte.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Viri podatkov

Podatke za ex post analizo perspektivnosti križancev hmelja z novimi metodami smo dobili s senzoričnim vrednotenjem, kemijskimi analizami in fizikalnimi meritvami delov hmeljne rastline. Podatki so bili dobljeni iz rastlin, ki so bile gojene v poskusnih nasadih hmelja Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije (IHPS) v Žalcu v letih od 2004 do 2006. Za sajenje in testiranje teh superiornih križancev je bilo vzgojenih 4000 sadik križanca z oznako A3, po 1000 sadik križancev A1 in A2 ter 500 sadik križanca A4. Sadike so bile posajene na dve lokaciji izven IHPS na površini 1 ha. Za izvajanje dodatnih poskusov pri superiornem križancu A3, ki je bil v postopku uradnega preverjanja, je bilo posajenih še dodatnih 2500 sadik v poskusnem nasadu

IHPS. Nasadi so bilo obdelovani v skladu z dobro agronomsko prakso, sadike so bile ves čas vegetacije redno oskrbovane in so imele zagotovljeno optimalno rast [13].

2.2 Analizni parametri

Morfološki in biološki podatki so bili dobljeni z opazovanjem, ki je zajemalo razrast rastline (oblika rastline, dolžina zalistnikov, ...) in pričakovano količino pridelka odbrank. Opazovala se je tudi oblika, velikost in zraščenosť storžka ter pojav bolezni hmeljeve peronospore *Pseudoperonospora humuli* (Miyabe et Takahashi) G.W. Wilson, hmeljeve pepelovke (*Sphaerotheca humuli* (DC). Burr), hmeljeve uvelosti (*Verticillium albo-atrum* Reinke at Bernhold in *Verticillium dahliae* Klebahn) in sive plesni (*Botrytis* sp.). Vsa poskusna hmeljišča so bila oskrbovana v skladu z navodili prognostično-signalizacijske službe na IHPS in cilji raziskave.

Preglednica 1: Odstotek obolelih rastlin z normiranimi podatki na referenčno sorto Hallertauer Magnum
Table 1: Percentage of infected plants with data related to the reference variety Hallertauer Magnum

križanec	peronospora %	pepelovka %	siva plesen %	povprečje %	delež okuženih vzorcev vs H. Magnum
A1	16,00	1,50	5,00	7,50	1,54
A2	11,00	-	9,00	6,67	1,36
A3	4,67	0,83	2,17	2,56	0,52
A4	14,00	1,00	2,25	5,75	1,17
M	8,40	0,75	5,50	4,88	1,00

Kemične analize testiranih vzorcev so bile narejene v laboratoriju za agrokemijo IHPS. Vzorcem se je določila vsebnost alfa-kislin s konduktometrično vrednostjo hmelja s toluensko ekstrakcijo (KVH-TE) po metodi 7.4 Analytica EBC 2000 (MKH 06) ali z določitvijo vsebnosti alfa-in beta-kislin v hmelju s HPLC po metodi 7.7 Analytica EBC 1998 (MKH 08). Analize količine ksantohumola so bile določene v laboratoriju Hopsteiner, Mainburg, po metodi EBC 7.8. Kot referenco vedno navajamo vrednosti za nemško sorto Hallertauer Magnum. Vsebnost vlage v hmelju je bila določena z metodo EBC 7.2. Analize eteričnih olj so bile izvedene s standardizirano metodo s plinsko kromatografijo. Za proizvodnjo piva je pomembna predvsem skupna količina olj, zato smo v izračunih to upoštevali in nismo uporabili primerjave posameznih komponent eteričnih olj.

Pri mehanični analizi storžkov se vrednotijo karakteristike storžkov posameznega genotipa. Spremljana je bila teža 100 suhih storžkov, določena teža vretenc, utežni % vretenc, dolžina vretenc, število kolenc in gostoto storžka pri preiskovanih križancih.

Pivovarska vrednost nove sorte hmelja predstavlja njeno uporabno oz. tržno vrednost, ki je odločilnega pomena za uspešno prodajo, zlasti v času, ko se pojavi na tržišču in jo trg (trgovci hmelja in pivovarji) še ne pozna. Za oceno pivovarske vrednosti se uporabljajo standardne metode osnovnih kemičnih analiz hmelja in skladiščne obstojnosti hmelja. Poznavanje pivovarske vrednosti sort hmelja dopušča možnost kombinacij različnih kultivarjev in hmeljnih proizvodov za varjenje določenega tipa piva, z značilno grenkobo in hmeljno aromo.

Preglednica 2: Primerljivost hmeljnih križancev s sorto Hallertauer Magnum glede na količine komponent eteričnih olj in skupne količine grenčic

Table 2: Comparison of hop hybrids with the variety Hallertauer Magnum in terms of essential oil components and total amount of bitter substances

kemijske spojine / križanec	H. Magnum	A1	A2	A3	A4
alfa-kislina (% v SS)					
kohumulon	3,8	3,3	3,7	4,5	3,8
alfa-kislina skupaj	13,1	12,4	13,9	13,1	15,7
delež kohumulona	28,7	26,4	26,4	34,0	24,3
beta-kislina (% v SS)					
kolupulon	3,9	2,0	2,7	2,4	1,8
beta-kislina skupaj	8,1	4,2	5,6	4,3	4,1
delež kolupulona	48,0	48,2	48,3	55,7	44,5
eterična olja (mL/100g)					
mircen	46,0	50	47	53	50
linalol	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4
alfa-humulon	29,8	15	20	19,9	17,4
beta-kariofilen	8,8	5,5	6,7	6,7	6,4
beta-farnezen	0,8	10,1	7,3	8,7	8,8
eterična skupaj	85,6	81,1	81,5	88,8	83,0

Preglednica 3: Rezultati mehanične analize storžkov križancev v primerjavi s sorto Hallertauer Magnum

Table 3: Results of hop cones mechanical analysis in comparison to Hallertauer Magnum (MAG)

križanec	masa za 100 kosov storžkov (g)	kosov vretenc (g)	Utežni % vretenc	Dolžina vretenc (mm)	Število kolenc	Gostota ¹ (1/m)	Število semen
A1	34,19	4,10	11,99	27,27	14,08	5,16	50
A2	22,44	2,14	9,54	21,92	12,54	5,72	82
A3	29,08	2,70	9,28	22,46	11,51	5,12	59
A4	26,54	2,84	10,70	21,23	11,66	5,49	82
MAG	35,55	2,78	7,81	22,83	11,66	5,11	22

Senzorična ocena piva je bila opravljena po treh metodah in sicer dveh DLG testih, po katerih se ugotavlja celovita kakovost zvarjenega piva in še posebej samo kakovosti hmeljne arome in grenčice v pivu, po modificirani metodi RIBM (Research Institute of Brewing and Malting) iz Prage ter oceni degustatorjev.

V preglednici 4 so zbrani numerični podatki analiz ter senzoričnih ocen piva. Pri ocenjevanju je sodelovalo skupno 100 degustatorjev, od tega 22 ekspertov za ocenjevanje piva. V naši implementaciji metod za oceno križancev hmelja smo upoštevali srednjo vrednost ocen vseh sodelujočih degustatorjev.

¹ Pojem »GOSTOTA« je definiran kot razmerje med številom kolenc in številom vretenc in nima običajnega fizikalnega pomena gostote. Izraz se uporablja v strokovnih hmeljarskih krogih.

Preglednica 4: Analizni podatki piva zvarjenega iz testiranih križancev ter srednja vrednost senzorične ocene vseh degustatorjev za parameter pivovarske vrednosti

Table 4: Parameters of beer brewed from hop hybrids and average sensory assessment brewing values

križanec /	A1	A2	A3	A4	M
analizni parameter					
ekstrakt (%)	10,52	10,61	10,27	10,79	10,48
alkohol (% vol)	4,33	4,36	4,21	4,46	4,33
prevrelost prava (%)	64,3	64,2	64,1	64,6	64,6
barva EBC	9,0	9,0	10,1	10,1	10,3
grenčica BU	25	28	25	26	25
alfa-kislina (mg/L)	2,3	0,9	1,8	1,2	1,6
polifenoli (mg/L)	148	151	139	150	136
antocianogeni (mg/L)	41,9	42,5	41,6	48,4	42,0
polnost okusa	2,73	2,73	2,64	2,73	2,73
hmeljna aroma intenzivnost	2,88	2,33	2,66	2,65	2,71
hmeljna aroma kakovost	2,24	2,42	2,55	2,61	2,63
grenčica intenzivnost	3,15	2,82	3,10	3,06	3,16
grenčica kakovost	2,16	2,86	3,05	3,06	2,94
relat. ocena RIBM	5	4	3	2	1
srednja vrednost*	4,5	4,5	2,7	2,2	1

* Nižja vrednost srednje ocene predstavlja boljšo vrednostno oceno.

2.3 Statistična obdelava

Pri razvrščanju v skupine določamo skupine sorodnih podatkov tako, da na osnovi množice podatkov lahko predpostavljamo določene lastnosti in postavljamo diagnoze. Vse izbrane spremenljivke, na osnovi katerih smo razvrščali, so bile številske in predhodno standardizirane. Za razvrščanje smo uporabili minimalno metodo (single linkage) hierarhičnega združevanja. Tako smo v vsakem koraku postopka združili skupini, med katerima je obstajala največja povezanost.

Enoletni numerični podatki, ki smo jih dobili pri analizah so zbrani v preglednici 5. Pri analizi smo razpolagali z več sto podatki za štiri križance in referenčno sorto iz celotnega štiri-letnega obravnavanega obdobja.

Rezultati, ki smo jih dobili z združevanjem podatkov v skupine, so nam pomagali pri nadaljnjih odločitvah selekcije perspektivnih križancev. V naslednjem koraku smo testirali vpliv letnika in sorte na vrednost dobljenih podatkov. Pri tem smo uporabili dvoparametrsko analizo variance brez ponavljanja (Anova: Two-Factor Without Replication). Pri izračunih smo upoštevali sledeče predpostavke:

- Vsak podatek, ki je bil uporabljen za izračun in zapišan v eni celici je predstavljal povprečno vrednost in je bil reprezentativen. Podatki so bili reprezentativni, ker je bilo izvedenih veliko število meritev.
- Slučajne spremenljivke se podrejajo normalni porazdelitvi.

Preglednica 5: Primerljivost hmeljnih križancev s sorto Hallertauer Magnum (MAG) glede na analizirane parametre za leto 2005

Table 5: Comparison of hop hybrids with the variety Hallertauer Magnum (MAG) related to parameters analysed in 2005

spojina / križanec	MAG	A1	A2	A3	A4
a-humulon	29,8	15,0	20,0	19,9	17,4
a-kislina (mg/L)	1,6	2,3	0,9	1,8	1,2
a-kislina (mg/L) A	30,1	34,3	38,4	31,7	29,9
a-kislina EBC 7.4 (%S.S.)	12,5	12,8	11,7	14,2	12,5
a-kislina skupaj	13,1	12,4	13,9	13,1	15,7
a-kislina. (% v SS) B	*	12,1	11,2	13,2	14,9
alkohol (% vol)	4,3	4,3	4,4	4,2	4,5
antocianogeni (mg/L)	42,0	41,9	42,5	41,6	48,4
antocianogeni (mg/L) A	53,7	57,0	65,6	51,7	50,9
b- farnezen	0,8	10,1	7,3	8,7	8,8
Barva EBC	14,1	13,0	13,8	14,1	13,4
b-kariofilen	8,8	5,5	6,7	6,7	6,4
b-kislina skupaj	8,1	4,2	5,6	4,3	4,1
ekstrakt (%)	10,5	10,5	10,6	10,3	10,8
ekstrakt (%) A	10,6	10,4	10,5	10,7	10,4
grenčica BU A	55,0	59,0	62,0	58,0	53,0
grenčica BU	25,0	25,0	28,0	25,0	26,0
HPLC co-alfa v a-kislinah. (%)	28,7	26,4	26,4	32,9	25,8
izo-a-kislina (mg/L)	22,9	24,9	25,0	22,8	22,0
izo-a-kislina (mg/L) A	26,2	26,6	29,4	24,0	18,6
količina eteričnega olja (mL/100g z.s.)	3,4	3,7	3,2	3,6	3,7
ksantohumul A	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
ksantohumul B	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
linalol	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4
miracen	46,0	50,0	47,0	53,0	50,0
navidezni ekstrakt (%)	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
P.I.	3,2	3,5	3,6	3,3	3,1
P.I. A	3,5	3,0	2,6	3,6	3,4
pH	4,7	4,7	4,7	4,7	4,6
pH A	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7
polifenoli (mg/L)	136,0	148,0	151,0	139,0	150,0
polifenoli (mg/L) A	189,0	169,0	173,0	189,0	174,0
pravi ekstrakt (%)	3,9	3,9	3,9	3,8	4,0
prevrelost navid. (%)	78,4	78,1	78,0	77,9	78,3
prevrelost prava (%)	64,6	64,3	64,2	64,1	64,6
vlaga %	7,7	7,3	10,0	7,5	9,9

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Posamezni križanci so bili najprej ocenjeni s strani projektne skupine za žlahtnjenje hmelja. Njihova ocena je temeljila na numeričnih podatkih ter večletnih izkušnjah [3,4,5].

Analiza rezultatov štirih križancev je pokazala, da dosega križanec A1 povprečne vrednosti le pri vsebnosti alfa-kislin in eteričnih olj, vsi ostali podatki pa kažejo najslabše rezultate med vsemi testiranimi križanci. Pivo varjeno s križancem A1 je bilo ocenjeno kot dobro. Glede intenzivnosti in kakovosti arome pa je bila temu pivu dodeljena najnižja ocena med vsemi testiranimi križanci. Natančnejša analiza podatkov je pokazala, da je bil potreben najvišji odmerek hmelja za hmeljenje

sladice. V pivu tega križanca so zasledili visoko vsebnost polifenolov, kar pa lahko slabo vpliva na kakovost grenčice in posledično slabšo obstojnost piva in pivovarsko vrednost. Nižja vsebnost eteričnih olj in alfa-kislin, občutljivost na bolezni ter najslabša ocena pivovarske vrednosti predstavljajo dovolj trdne razloge za najslabše ocenjen križanec.

Križanec A2 je po oceni članov projektne skupine za žlahtnjenje hmelja druga najslabše ocenjena varianta. Je primerljiv z referenčno nemško sorto Hallertauer Magnum v določenih parametrih, pivovarska vrednost pa je bila zelo slabo ocenjena. Glede na enako vsebnost alfa-kislin kot pri križancu A1 ter visoko vsebnost polifenolov, je križanec A2 precej podoben križancu A1. Ima najslabše ocenjeno intenzivnost hmeljne arome, najslabše izražena pa je bila tudi intenzivnost grenčice v tem pivu. Povprečna ocena degustatorjev je bila enaka kot za vzorec A1. Slaba vrednost senzorične ocene je križanec A2 izločila iz kroga kandidatov za nadaljnjo selekcijo.

Na osnovi podatkov analiz so člani projektne skupine za žlahtnjenje hmelja ocenili, da se križanec A3 lahko enači z referenčno sorto Hallertauer Magnum v morfoloških in kemičnih kriterijih, boljše rezultate kot referenčna sorta pa izkazuje v kriteriju biologije, zaostaja pa v oceni pivovarske vrednosti. Tudi po vseh analitskih pokazateljih kakovosti pivine in piva je križanec A3 v celoti primerljiv z referenčno sorto. Primerljiv je tudi glede na izkoristek grenčičnih snovi v pivu. Po intenzivnosti in kakovosti hmeljne arome je bil v skupni oceni ocenjen za spoznanje slabše od sorte Hallertauer Magnum, po intenzivnosti grenčice pa je z njo primerljiv.

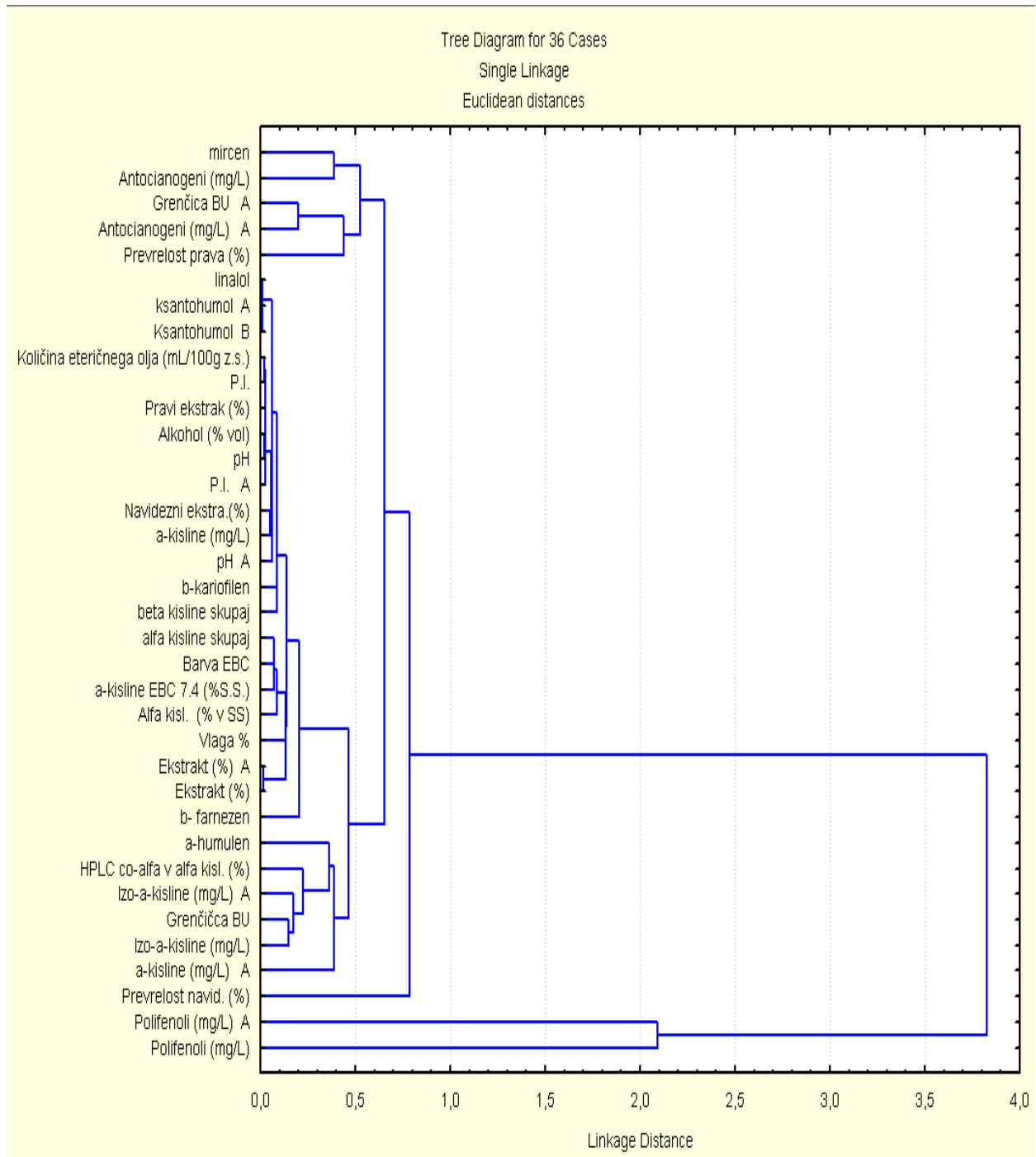
Dovolj dobre lastnosti ima tudi križanec A4, ki je dobro uravnotežen v svojih lastnostih. Pri nobenem kriteriju ne izstopa, prav tako pa tudi ne zaostaja. V primerjavi s križancem A3 mu je enakovreden pri kemičnem in morfološkem kriteriju ter v kriteriju pivovarske vrednosti. Križanec A3 je boljši le s kriterijem biologije. Po mnenju članov projektne skupine za žlahtnjenje hmelja bi križanec A4 prav tako lahko dosegel enako stopnjo superiornosti kot križanec A3.

Pri analizi razvrščanja podatkov preiskovanih križancev analiziramo razdaljo med posameznimi podatki. Pri tem lahko uporabimo različne metode. Pri našem delu smo se posluževali izračuna razdalje po metodi City block (Manhattan) ter po metodi Evklidske razdalje.

Z metodo grupiranja smo prišli do združitve posameznih spojin po skupinah. Na sliki 1 so predstavljene grupirane spremenljivke (metoda Evklidske razdalje).

Na osnovi dendrograma (slika 1) smo se intuitivno odločali za attribute, ki smo jih testirali z dvoparametrsko analizo variance brez ponavljanja. S tem smo želeli raziskati vpliv leta pridelave hmelja in vpliv izbranega perspektivnega križanca (A1, A2, A3, A4) na posamezno slučajno spremenljivko.

V preglednici 6 so prikazani primeri narejenih analiz variance. Splošna ugotovitev je, da na vse spremenljivke, ki smo jih obdelali, vpliva letnik veliko bolj kot pa izbrani križanec. Ta rezultat se ujema s predhodnimi ugotovitvami članov projektne skupine za žlahtnjenje hmelja, ki so v prvem letu testiranja predlagali opustitev nadaljnjega dela s križancema A1 in A2. V naslednjih letih pa se je pokazalo, da imata ravno ta križanca tudi nekatere superiorne lastnosti.



Slika 1: Dendrogram združevanja po podatkih analiznih parametrov
Figure 1: Dendrogram of 36 variables used in cluster analyses

Tabela 6: Primer rezultatov analize variance za dva vhodna podatka testiranih križancev
 Table 6: ANOVA results for the two input parameters of hop hybrids analysed

Polifenoli (mg/L)					
		M	A2	A3	A4
2004		122,8	129,2	115,4	122,1
2005		136,0	151,0	139,0	150,0
2006		114,6	115,3	125,6	113,5

Anova: Two-Factor Without Replication

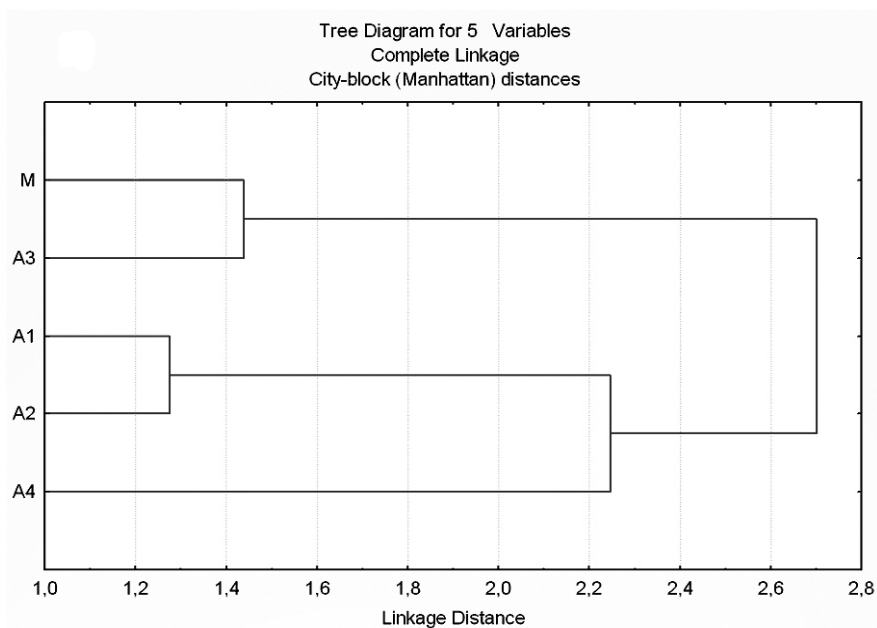
SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance		
2004	4	489,5	122,375	31,8291667		
2005	4	576	144	58		
2006	4	469	117,25	31,5366667		
M	3	373,4	124,466667	116,573333		
A2	3	395,5	131,833333	323,823333		
A3	3	380	126,666667	140,093333		
A4	3	385,6	128,533333	364,103333		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	1612,625	2	806,3125	17,4929341	0,003137	5,143249
Columns	87,5358333	3	29,1786111	0,6330294	0,620277	4,757055
Error	276,561667	6	46,0936111			
Total	1976,7225	11				

a-kisline (mg/L)					
		M	A2	A3	A4
2004		3,9	3,4	3,2	2,3
2005		1,6	0,9	1,8	1,2
2006		2,9	3,8	5,1	3,9

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance		
2004	4	12,8	3,2	0,44666667		
2005	4	5,5	1,375	0,1625		
2006	4	15,7	3,925	0,81583333		
M	3	8,4	2,8	1,33		
A2	3	8,1	2,7	2,47		
A3	3	10,1	3,36666667	2,74333333		
A4	3	7,4	2,46666667	1,84333333		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	13,8116667	2	6,90583333	13,9904333	0,005505	5,143249
Columns	1,31333333	3	0,43777778	0,88688801	0,499537	4,757055
Error	2,96166667	6	0,49361111			
Total	18,0866667	11				

Celokupno grupiranje podatkov po križancih je pokazalo, da vzorca A1 in A2 kažeta največje podobnosti (slika 2). To pomeni, da sta si ta dva križanca v lastnostih najbolj podobna.



Slika 2: »Clusterska analiza« po testiranih križancih hmelja
Figure 2: Genetic distance based on pedigree cluster analysis among five hop hybrids

Najbolj podoben referenčni sorti Hallertauer Magnum je vzorec A3. Rezultati analize potrjujejo ugotovitve ekspertov v oceni križanca A3. Ne ujemajo pa se v oceni križanca A4, saj iz dendrograma (slika 2) izhaja, da se križanec A4 in referenčna sorta Hallertauer Magnum močno razlikujeta.

4 ZAKLJUČEK

Po večletnem delu so člani projektne skupine za žlahtnjenje hmelja zaključili, da med perspektivnimi križanci želenim lastnostim najbolj ustreza križanec A3. Sklepali so tudi, da noben od križancev ne dosega referenčne sorte Hallertauer Magnum [3,4,5]. Podobno so se porajali zadržki glede ocene perspektivnosti najslabše ocenjenih križancev A1 in A2, saj so se v analiziranem obdobju treh let vsakoletna mnenja o primernosti teh križancev za nadaljnjo selekcijo nekoliko razlikovala. Križanca A1 in A2 sta dosegala visoke standarde, a le v določenih parametrih. To je razumljivo, kaže pa nam, da je iz množice podatkov zelo težko izločiti odločilne, kritične vrednosti in jih analitično oceniti. Na osnovi rezultatov dobljenih z numeričnimi metodami lahko sklepamo, da je referenčni sorti Hallertauer Magnum po lastnostih najbolj podoben križanec A3, križanec A4 pa se od referenčne sorte najbolj razlikuje.

Rezultati ex post analize perspektivnosti križancev hmelja v Sloveniji potrjujejo predhodne odločitve članov projektne skupine za žlahtnjenje hmelja, vendar pa še ne omogočajo dovolj zanesljivega določanja ranga perspektivnosti posameznega križanca. Zato bi bilo smiselno raziskovalne podatke nadgraditi v hierarhični model, ki bi nam služil za podporo pri odločanju. Pri tem bo potrebno zelo eksaktno določiti attribute modela (opisne spremenljivke z definiranimi merskimi lestvicami), saj je preliminarna statistična analiza pokazala, da se večina podatkov signifikantno spreminja skozi leta, manj zaznavne pa so spremembe med posameznimi perspektivnimi križanci.

5 VIRI

1. Bohanec, M., Odločanje in modeli.- Ljubljana, Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije, 2006, 312 s.
2. Čerenak, A., Dolinar, M., Ferant, N., Friškovec, I., Knapič, M., Knapič, V., Košir, I., Kovačevič, M., Majer, D., Pavlovič, M., Rode, J., Simončič, A., Šuštar-Vozlič, J., Virant, M., Zmrzlak, M., Žolnir, M., Priročnik za hmeljarje.- IHPS, Žalec, 2002, 233 s.
3. Čerenak, A., Virant, M., Radišek, S., Žlahtnjenje hmelja. Končno poročilo za leto 2004.- IHPS, Žalec, 2005. Naročnik: Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Pogodba št.: 2311-04-000106.
4. Čerenak, A., Virant, M., Radišek, S., Košir, I., Žlahtnjenje hmelja. Končno poročilo za leto 2005.- IHPS, Žalec, 2006. Naročnik: Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Pogodba št.: 2311-05-000090.
5. Čerenak, A., Virant, M., Radišek, S., Košir, I., Oset, M., Žlahtnjenje hmelja. Končno poročilo za leto 2006.- IHPS, Žalec, 2007. Naročnik: Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Pogodba št.: 2311-06-000070.
6. Eisen, M.B., Spellman, P.T., Brown, P.O., Botstein, D., Cluster analysis and display of genome-wide expression patterns.- Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 95(1998), p. 14863-14868.
7. Ferligoj, A., Razvrščanje v skupine.- Metodološki zvezki, št. 4, Raziskovalni inštitut FSPN, Ljubljana, 1988, 182 s.
8. Henning, J.A., Haunold, A., Nickerson, G., Gampert, U., Estimates of Heritability and Genetic Correlations for Five Traits in Female Hop Accessions.- J. Am. Soc. Brew. Chem. 55(1997), p. 161-165.
9. Henning, J.A., Townsend, M.S., Field-Based Estimates of Heritability and Genetic Correlations in Hop.- Crop Sci., 45(2005), p. 1469-1475.
10. Patzak, J., Comparison of RAPD, STS, ISSR and AFLP molecular methods used for assessment of genetic diversity in hop (*Humulus lupulus* L.).- 2001, <http://www.springerlink.com/content/t0523055q3367855/> (16.05.2008).
11. Pavlovič, M., Nadaljevanje koncentracije svetovne trgovine s hmeljem. Poročilo s spomladanskih sej komisij Mednarodne hmeljarske zveze v letu 1999.- Hmeljar (Žalec), 68(1999)5-7, s. 51-53.
12. Pavlovič, V., Čerenak, A., Pavlovič, M., Rozman, Č., Možnosti uporabe numeričnih metod pri žlahtnjenju hmelja – idejna zasnova ekspertnega sistema.- Hmeljarski bilten 14(2007), s. 11-17.
13. Pavlovič, V., Večkriterijski model za ocenjevanje kultivarjev hmelja (*Humulus lupulus* L.).- Magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo, 2008, 108 s.
14. Zupan, J., Uporaba računalniških metod v kemiji.- Ljubljana, DZS, 1992, 276 s.

