

IZBOLJŠANJE ODBIRE ČEBEL NA PROIZVODNE LASTNOSTI Z UPORABO SELEKCIJSKEGA INDEKSA

Janez POKLUKAR^{a)}

^{a)} Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, SI-1001 Ljubljana, Slovenija, doc., dr.

Received January 12, 1999, accepted July 05, 1999.

Delo je prispelo 1999-01-12, sprejeto 1999-07-05.

IZVLEČEK

Izdelali smo selekcijski indeks za istočasno odbiro čebel na pridelek medu, nerojivost in na mirnost čebeljih družin. V analizi smo upoštevali populacijo 2.494 matic, zrejenih pri 18 zrejevalcih matic, proizvodno testiranih v 199 čebelarstvih v času 1994 - 1998. Heritabilnost proizvodnje medu je bila $0,41 \pm 0,22$, h^2 nerojivosti čebel $0,73 \pm 0,28$, h^2 mirnosti $0,49 \pm 0,24$. Indeks = $0,42 * (\text{kg medu na leto}) + 1,94 * (\text{točke ocene nerojivosti čebel}) + 0,80 * (\text{točke mirnosti čebel})$. Varianca indeksa je 29,45, varianca agregatnega genotipa pa 62,39. R^2 indeksa je 0,47, kar je za 14,5 % več od vrednosti heritabilnosti za proizvodnjo medu.

Ključne besede: čebele / med / proizvodnja / selekcija / selekcijski indeks / rojilno obnašanje / obrambno obnašanje / Slovenija

IMPROVING THE HONEYBEE PRODUCTION CHARACTERISTICS BY SELECTION INDEX

ABSTRACT

Honey bee selection index was created to simultaneously select bees for colony honey yield, non - swarming behaviour and non - aggressive behaviour of bee colonies. The population of 2,494 queens reared at 18 queen breeders and tested at 199 various places between 1994-1998 was used to construct the index. Heritability of honey production was 0.41 ± 0.22 , heritability of colony swarming behaviour 0.73 ± 0.28 , and heritability of colony defense behaviour 0.49 ± 0.24 . Index = $0.42 * (\text{kg of honey a year}) + 1.94 * (\text{points of swarming behaviour}) + 0.80 * (\text{points of colony defense behaviour})$. Variability of index was 29.45, variability of aggregate genotype was 62.39. R^2 of index was 0.47, which is for 14.5 % higher than the value of heritability of honey production.

Key words: honey bees / honey / production / selection / selection index / colony defense behaviour / swarming behaviour / Slovenia

UVOD

Slovensko čebelarstvo je po vrednosti obsega proizvodnje v Sloveniji primerljivo z rejo drobnice. Večinoma še čebelarimo z avtohtono kranjsko čebelo *Apis mellifera carnica* (Poll. 1869). Prednjači proizvodnja medu, sledijo proizvodnja cvetnega prahu, matičnega mlečka, propolisa in čebeljega genetskega materiala. Poleg klasične proizvodnje čebeljih družin in rojev za prodajo se v zadnjem času vse bolj uveljavlja množična zreja matic. Slovenci imamo namreč ravno na tem področju bistveno prednost pred drugimi deželami - čebelarimo z ohranjeno avtohtono pasmo, ki je cenjena po celem svetu in je v svetovnem merilu takoj za italijansko čebelo na drugem mestu. Zaradi bodoče ohranitve kranjske čebele je potrebno izboljševati njene

gospodarske lastnosti na osnovi selekcije brez dodajanja genetskega materiala iz drugih populacij čebel.

Deželna čebela se je v številnih predelih srednje Evrope z uvozi kranjske čebele prekrizala v tip kranjske čebele že v času do konca 19. stoletja. Najbolj znani trgovci s čebelami so bili Emil Ravenegg Rotschutz (1836 - 1909), Mihael Ambrožič (1846 - 1904) in Jan Strgar (1881 - 1955). Poleg teh je bilo še mnogo drugih čebelarjev trgovcev, leta 1906 celo 21 (Žnideršič, 1906, Rihar, 1998). V obdobju od leta 1858 do konca prve svetovne vojne je dokumentiran izvoz za najmanj 170.000 čebeljih rojev (Poklukar, 1991), po nekaterih ocenah je število preseгло vrednost 500.000 (Debevec, 1967).

Po prvi svetovni vojni se je dežela Kranjska znašla v slovenskem predelu Jugoslavije. Trgovina s čebelami je počasi ugašala. Po drugi svetovni vojni zasledimo več poskusov oživitve načrtno zreje matic, predvsem od leta 1979 dalje. V letu 1984 je bila ustanovljena republiška služba za selekcijo kranjske čebele pri Kmetijskem inštitutu Slovenije, kar je v dobršni meri pospešilo kakovost in obseg zreje matic. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano je materialno in finančno podpiralo projekt selekcije čebel na osnovi zakona o ukrepih v živinoreji (1978) in pravilnika o pogojih za zrejo in promet čebeljih matic ter za organizacijo plemenišč (1981). Pravilnik tudi določa, da se sme v razdalji do 30 km od registriranih plemenišč rediti samo kranjske čebele. Za vsak uvoz čebel iz tujine je potrebno pridobiti dovoljenje Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. V večjem delu Slovenije smo tako z ustreznimi strokovnimi ukrepi uspeli do danes obdržati avtohtono populacijo kranjske čebele.

Zaenkrat ne moremo analizirati genetskih parametrov za proizvodnjo cvetnega prahu, matičnega mlečka in propolisa. Osredotočili smo se na proizvodnjo medu in na dve pomožni lastnosti, to je oceno mirnosti čebel ter na oceno pojava rojilnega razpoloženja čebel. V letu 1998 smo v testiranje populacije vključili tudi oceno občutljivosti čebel na razmnoževanje varoe v čebeljih družinah. Genetskih parametrov za to lastnost nismo vključili v to študijo zaradi njihove statistične neznačilnosti.

V letu 1998 smo zamenjali zasnovo selekcije s prehodom iz množične selekcije znotraj zrejalšč na linijsko selekcijo. Upamo, da bomo že v letu 1999 lahko dobili ustrezne ocene genetskih parametrov za posamezne linije in da bomo dodatno ocenili kakovost genetskega izbora trotov na vseh zrejalščih.

MATERIAL IN METODE DELA

V letih 1994 - 1998 smo analizirali rezultate proizvodnega testa matic. Matice so bile naključno odbrane v 18 registriranih zrejalščih in poslani v 199 čebelarstev, razpršenih po celi Sloveniji. Pogodbeni čebelarji so se obvezali, da bodo skrbno spremljali proizvodnjo čebel eno leto in da bodo posredovali rezultate testiranja selekcijski službi. Skupaj smo tako dobili 2.494 zaključkov letne proizvodnje čebeljih družin. V obdelavi nismo obdelali podatkov iz leta 1993, ker takrat na začetku testiranja še nismo spremljali količine proizvedenega medu v kg, temveč smo spremljali le število iztočenih satov.

Proizvedeni med smo tehtali in vpisali količino v kg. Mirnost čebel smo ocenjevali z ocenami od 1 - 4 v skladu z mednarodnimi kriteriji (Ruttner, 1988). Ocena 1 pomeni, da je družina zelo agresivna do ljudi, da je delo z njo zelo težko. Ocena 4 pomeni, da so čebele zelo mirne in obvladljive. Pri oceni rojivosti smo tudi uporabili ocene od 1 do 4. Ocena 1 pomeni, da je družina izrojila, ocena 4 pa da celo leto nismo opazili v družini kakršnega koli znaka rojilnega razpoloženja čebel.

V prvem koraku smo s SAS GLM manova obdelali podatke za proizvodnjo medu, pojav rojilnega razpoloženja in oceno mirnosti čebel:

$$Y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + c_k + e_{ijkl} \quad (\text{model 1})$$

Y_{ijkl} = Ocenjena količina pridelanega medu, pojava rojilnega razpoloženja in ocene mirnosti čebel

a_i = mesto testiranja

b_j = leto testiranja

ab_{ij} = navzkrižni vpliv mesta in leto testiranja

c_k = izvor matic (zrejališče)

e_{ijkl} = ostanek, napaka

Y_{ijkl} = Estimated value of honey yield, swarming behaviour expression and colony defense behaviour

a_i = location of field test, apiary

b_j = year of test

ab_{ij} = interaction between location and year

c_k = origin of queens

e_{ijkl} = error

V drugem koraku nas je zanimalo, če obstaja vpliv rojenja in mirnosti čebel na proizvodnjo medu. Regresijski oceni b_1 in b_2 smo očistili vpliva mesta testiranja (a_i), leta testiranja (b_j), njunega navzkrižnega vpliva (ab_{ij}) in izvora matic (c_k). Uporabili smo postopek SAS GLM:

$$Y_{ijklmn} = \mu + a_i + b_j + ab_{ij} + c_k + b_1 (x_l - x) + b_2 (x_m - x) + e_{ijklmn} \quad (\text{model 2})$$

Pri računanju genetskih parametrov smo večinoma izhajali iz komponent variance v modelu 1. Iz modela 2 smo uporabili le regresijske ocene vpliva rojenja in mirnosti na proizvodnjo medu.

S pomočjo komponent variance (Falconer, 1985) smo izračunali vrednosti fenotipskih in genetskih korelacij in izračunali selekcijski indeks pri proizvodnji medu za vrednotenje povprečnih plemenskih vrednosti matic v zrejalščih (Hazel in Lush, 1943, Henderson, 1963, Meyer, 1985). Predpostavili smo, da je bistvena proizvodnja medu in da sta ostali dve lastnosti, to je pojav rojilnega razpoloženja in ocena mirnosti, le pomožni lastnosti, ki imata namesto cene skupni imenovalec učinek, izražen v kg medu. Na ta način smo v indeksu izpustili variabilna cenovna razmerja med ceno medu in med celotnimi stroški dela, ki jih povzročata rojenje in agresivnost čebel. Selekcijski indeks, ki vključuje optimalno medsebojno kombinacijo proizvodnje medu, oceno rojivosti čebel in oceno mirnosti čebel, smo izračunali z množenjem matrik:

$$B = (\text{inverzna vrednost fenotipske matrike}) \times (\text{vrednost genotipske matrike}) \times (\text{«cena» izražena v kg medu})$$

REZULTATI IN DISKUSIJA

Točka ocene mirnosti, ocenjena po modelu 2, je v pozitivni regresiji s količino pridelanega medu ($b_1 = +0,81 \pm 0,24$). V povprečju lahko z najbolj miroljubnimi družinami pridelamo 3,24 kg medu več kot v najbolj agresivnih. Še bolj je izrazita povezava med rojivostjo in količino pridelanega medu ($b_2 = + 2,23 \pm 0,16$), kjer družina brez znakov rojivosti proizvede za skoraj 9 kg več medu od čebel, ki so izrojile. Za izračun selekcijskega indeksa (vektor w) smo tako izbrali naslednje vrednosti:

Med kg	1
Mirnost točka ocene	0,81
Rojivost točka ocene	2,23

V prvi model smo vključili analize proizvodnje medu, analize ocene mirnosti in analize ocene rojivosti. Korelacije, ocenjene s pomočjo "manova" opcije so prikazane v preglednici 1 in so brez izjeme statistično visoko značilne ($P < 0,0001$). Med vrednostmi korelacij ni nobene negativne vrednosti.

Preglednica 1. Fenotipske korelacije (nad diagonalo) in parcialne korelacije za komponento mesta zreje matic (pod diagonalo) med lastnostmi proizvodnja medu (med), ocena rojivosti (rojivosti) in ocena mirnosti (mirnost) v testni populaciji 2493 matic iz 18 registriranih zrejališč v Sloveniji.

Table 1. Values of phenotypic correlation (above diagonal) and values of partial correlation for the component "origin of queens" (below the diagonal) for honey production, swarm behaviour and colony defense behaviour of field production test at 2493 queens originating from 18 registered queen producers in Slovenia.

	Med Honey production	Rojivost Swarming	Mirnost Colony.def.beh.
Med – Honey prod.	-	0,10	0,05
Rojivost – Swarming	0,29	-	0,15
Mirnost – Col. def. beh.	0,09	0,08	-

Analiza proizvodnje medu

Uporabljeni model je statistično visoko značilen ($P < 0,0001$). V model smo zajeli 63,5 % vseh vplivov. Doseženi pridelek medu v celotni populaciji je bil $16,71 \text{ kg} \pm 7,29 \text{ kg}$. Komponente variance leto zreje matic, mesto testiranja, navzkrižni vpliv leta zreje in mesta testiranja so bile statistično visoko značilne ($P < 0,0001$). Vpliv izvora matic je statistično značilen ($P < 0,0091$).

Analiza ocene rojivosti čebel

Tudi ta model je statistično visoko značilen ($P < 0,0001$). Ocenili smo 35,6 % vseh vplivov. Enako kot pri oceni pridelka medu so bile komponente leto zreje matic, mesto testiranja in navzkrižni vpliv leto zreje - mesto testiranja statistično visoko značilne ($P < 0,0001$), statistično značilen je bil vpliv zrejališča ($p < 0,0221$). V povprečju rojivost čebel ni bila problematična – povprečna ocena v celotnem obdobju je bila $3,31 \pm 0,94$.

Ocena mirnosti čebel

Uporabljeni model je bil spet statistično visoko značilen. Model je skupaj zajel 41,5 % vseh vplivov, vse komponente, razen komponente zreje matic, so statistično visoko značilne ($P < 0,0001$). Slednja je kljub vsemu še vedno značilna ($p < 0,0221$). Čebelarji so bili večinoma zelo zadovoljni z mirnostjo čebel, kar dokazuje tudi njihova povprečna ocena $3,32 \pm 0,62$.

Čebelja družina je skupnost sorodnih posameznikov in deluje kot enoten organizem, imenujemo ga tudi superorganizem (Moritz in Southwick, 1992). Čebele delavke, potomke ene matice in enega trota, so medsebojno supersestre. Po materini strani je pri teh potomkah verjetnost nastopa identične alele po poreklu 0,5, po očetovi strani imajo identične alele. Tako je njihova medsebojna stopnja sorodstva 0,75. Čebeli delavki, potomki dveh različnih trotov in iste matice, pa sta si medsebojno polsestri ($r = 0,25$). V superorganizmu kot celoti lahko računamo le z neko povprečno stopnjo sorodstva med skrajnimi vrednostmi med 0,25 in 0,75, odvisno od

števila parjenj. Predpostavili smo, da se v čebeljih družinah istočasno pojavlja 10 skupin supersester, da je temu ustrezna povprečna stopnja sorodstva 0,30 (Crozier, 1970). V vzorcu matic iz enega zrejaljšča so bile v povprečju matice zrejene iz zrejnega gradiva treh nesorodnih matičarjev, zato se je povprečna stopnja sorodstva znižala na eno tretjino, na 0,10. Med posameznimi leti so čebelarji zrejevalci različno menjali matičarje. V povprečju so vsakega tretjega matičarja uporabljali še eno leto, v vsakem tretjem se je pojavila matica hčerka plemenske matice iz prejšnjega leta, v vsakem tretjem matičarju se je pojavila povsem nova matica. V petih letih testa se je tako povprečna medgeneracijska stopnja sorodstva približala vrednosti 0,10.

Iz enačbe 1 smo določili precejšnji del variance in s tem zmanjšali varianco ostanka. Iz primerjave variance mesta zreje matic z varianco ostanka (srednji kvadrati tip 3) lahko ocenimo približne vrednosti za intraklasne korelacijske koeficiente:

$$T \cong 1/r (\text{srednji kvadrat}_{\text{med zrejaljšči}} - \text{srednji kvadrat}_{\text{znotraj zrejaljšč}})$$

Tako ocenjeni intraklasni korelacijski koeficienti so skupni rezultat aditivnih lastnosti. Hkrati vsebujejo še vplive dominanc in epistaze, ker gre za skupino matic z močno variabilno medsebojno stopnjo sorodstva. Teh vplivov pa v našem primeru ni mogoče točno oceniti, zato so ocenjene vrednosti heritabilitet, prikazane v preglednici 2, verjetno precenjene za nedoločeno vrednost.

Preglednica 2. Ocenjene vrednosti heritabilitet za proizvodnjo medu, oceno rojivosti in oceno mirnosti čebel v vzorcu 2.494 matic iz 18 zrejaljšč

Table 2. Estimates of heritability, and standard error for honey production, colony swarming behaviour and colony defense behaviour at 2.494 queens which originate from 18 queen breeders.

Lastnost Observed characteristics	Heritabiliteta Heritability	St. napaka ocene St. error of estimate
Proizvodnja medu Honey production	0,41	± 0,22
Ocena rojivosti Colony swarming beh.	0,73	± 0,28
Ocena mirnosti Colony defense beh.	0,49	± 0,24

Na osnovi matrike fenotipskih in matrike genotipskih vrednosti ter na osnovi »cen« posameznih opazovanih kriterijev, izraženih v kg medu, smo izračunali naslednji selekcijski indeks:

$$\text{Indeks} = 0,42 * (\text{kg proizvedenega medu} + 1,94 * (\text{točke ocene rojivosti čebel}) + 0,80 * (\text{točke ocene mirnosti čebel}))$$

Varianca indeksa ima vrednost 29,45, varianca agregatnega genotipa pa je 62,39. R^2 indeksa je 0,47, kar je za 14,7 % več od vrednosti heritabilitete proizvodnje medu.

Pri analizi sestave ene indeksne točke ugotovimo, da je delež, ki pripada oceni mirnosti, zelo majhen – le 2 %. To pomeni, da lahko s pomočjo indeksa v praksi mimogrede odberemo nadpovprečno agresivne družine. V tem primeru je verjetno bolj primerno, da najbolj agresivne

družine dodatno izločimo po kriteriju odbire na osnovi neodvisnih spodnjih mej. V selekcijskem postopku do sedaj nismo v nobenem primeru predlagali plemenske uporabe čebelje družine, ki je bila ocenjena z oceno, manjšo od 3. Tako smo le malenkostno zmanjšali skupni genetski napredek.

Povprečne vrednosti proizvodnje medu se med posameznimi zrejališči precej razlikujejo. Kupci matic v zrejališču D.G. Hude Ravne lahko v povprečju pričakujejo od čebeljih družin za 3,63 kg več medu od kupcev matic v zrejališču F.S. Kamnik. Opazna je tudi razlika v rojilnem razporejenju čebel. Matice, zrejene v zrejališču M.P. Semič, rojijo za 0,55 točke manj od matic, zrejenih pri F.S.Kamnik, kar pomeni, izraženo v odstotkih, za 13,75 % manj rojev. Ocena obrambnega obnašanja čebel je tudi pomemben kazalec prijaznosti čebel do čebelarja. Čebelarjem so bile v povprečju najbolj prijazne čebele z maticami iz zrejališča F.S. Kamnik, najmanj pa čebele z maticami iz zrejališča M.K. Sp. Duplek.

Preglednica 3. Povprečne ocenjene vrednosti proizvodnje medu, ocen rojivosti čebel in ocen obnašanje 2494 matic, zrejenih na 18 zrejališčih matic v Sloveniji od leta 1993 do 1997. Vse vrednosti so izražene v odstopanju od povprečja testirane populacije. Izračunana je tudi povprečna plemenska vrednost zrejenih matic.

Table 3. Results of field test production of 2494 honeybee queens produced at 18 queen breeders from 1993 to 1997. All the values are adjusted for the mean of population. Data are ranged on descending order of index values

Zrejališče Queen breeder	Proizvodnja medu v kg Average honey yield (kg)	Rojivost čebel v točkah Average estimate of swarming behaviour	Mirnost čebel v točkah Average of defense behaviour estimate	Ocena z indeksom Index estimate
D.G. Hude Ravne	1,47	0,14	0,08	0,96
M.P. Semič	0,57	0,29	-0,05	0,77
J.P. Gačnik	0,39	0,18	0,02	0,54
I.D. Dragovšek	1,34	-0,04	0,02	0,51
L.V. Dragovšek	0,62	0,06	0,09	0,46
J.K. Jeronim	0,62	0,04	0,12	0,45
M.D. Vrhnika	1,47	-0,04	-0,26	0,34
J.D. Dragovšek	1,39	-0,16	0,05	0,33
C.J. Rodine	0,09	0,12	-0,02	0,27
M.K. Sp. Duplek	1,46	-0,07	-0,48	0,11
J.P. Apače	-0,49	0,08	0,01	-0,03
D. B. Ormož	-0,54	0,01	-0,07	-0,25
A.B. Golo Brdo	-0,54	-0,07	0,05	-0,31
K.M. Vojnik	-1,82	0,18	0,11	-0,32
M.G. Šoštanj	-0,58	-0,21	-0,01	-0,65
F.K. Kamnik	-1,34	-0,10	-0,02	-0,76
F.S. Kamnik	-2,16	-0,26	0,24	-1,21
J.Š. Kamnik pod Krimom	-1,98	-0,23	0,06	-1,22

Vrednost indeksa je največja pri maticah v zrejališču D.G. Hude Ravne. Te matice so za 2,18 indeksne točke boljše od matic iz zrejališča J.Š. iz Kamnika pod Krimom. Ker so indeksne točke izražene v vrednosti kg medu, pomeni, da s pravilno izbiro zrejevalca matic lahko čebelar precej pripomore k boljši proizvodnosti čebel in da se investicija v dobre matice več kot povrne že v najkrajšem času.

Analizo povprečne plemenske vrednosti matic v registriranih zrejališčih bomo v letu 1999 nadgradili z analizo plemenskih vrednosti posameznih izvornih matic v zrejališčih. V letu 1998 smo namreč uredili vse potrebno glede evidence rodovništva znotraj zrejališč. Ocenogospodarskih lastnosti smo dodatno nadgradili z oceno prirojene odpornosti čebel na čebeljo varozo. Glede na zelo obetavne rezultate podobnega testiranja v Avstriji (Boigenzahn in Willam, 1999) lahko tudi pri nas že v letu 1999 pričakujemo prve rezultate.

POVZETEK

V raziskavi smo se osredotočili na možnost uporabe hkratne selekcije čebel na več lastnosti - na proizvodnjo medu, na oceno mirnosti čebel ter na oceno pojavnosti rojilnega razpoloženja čebel. V letih 1994 - 1998 smo analizirali rezultate proizvodnega testa 2.494 matic. Matice so bile naključno odbrane v 18 registriranih zrejališčih in poslane v 199 čebelarstev razpršenih po celi Sloveniji.

V testni populaciji smo pridelali $16,71 \text{ kg} \pm 7,29 \text{ kg}$ medu. Vpliv izvora matic je bil statistično značilen ($P < 0,0091$). Prav tako je statistično značilen vpliv izvora matic pri oceni rojivosti čebel ($p < 0,0102$) in pri oceni mirnosti čebel ($p < 0,0221$). Točka ocene mirnosti je v pozitivni regresiji s količino pridelanega medu ($b_1 = +0,81 \pm 0,24$). V povprečju lahko z najbolj miroljubnimi družinami pridelamo 3,24 kg medu več kot v najbolj agresivnih. Še bolj je izrazita povezava med rojivostjo in količino pridelanega medu ($b_2 = +2,23 \pm 0,16$), kjer družina brez znakov rojivosti proizvede za skoraj 9 kg več medu od čebel, ki so izrojile.

Za oceno heritabilitet smo morali oceniti povprečno stopnjo sorodstva znotraj zrejališč. Predpostavili smo, da se v čebeljih družinah istočasno pojavlja 10 skupin supersester, da je temu ustrezna povprečna stopnja sorodstva 0,30. V vzorcu matic iz enega zrejališča so bile v povprečju matice zrejene iz zrejnega gradiva treh nesorodnih matičarjev, zato se je povprečna stopnja sorodstva znižala na eno tretjino, na 0,10. Z analizo sorodstvenih razmerij v petih generacijah smo se približali isti vrednosti.

Na osnovi matrike fenotipskih in matrike genotipskih vrednosti ter na osnovi »cene« posameznih opazovanih kriterijev izraženih v kg medu smo izračunali naslednji selekcijski indeks:

$$\text{Indeks} = 0,42 * (\text{kg proizvedenega medu} + 1,94 * (\text{točke ocene rojivosti čebel}) + 0,80 * (\text{točke ocene mirnosti čebel}))$$

Varianca indeksa ima vrednost 29,45, varianca agregatnega genotipa pa je 62,39. R^2 indeksa je 0,47, kar je za 14,7 % več od vrednosti heritabilitete proizvodnje medu ($0,41 \pm 0,22$).

Pri analizi sestava ene indeksne točke ugotovimo, da je delež, ki pripada oceni mirnosti zelo majhen - le 2 %. To pomeni, da lahko s pomočjo indeksa v praksi mimogrede odberemo nadpovprečno agresivne družine. V tem primeru je verjetno bolj primerno, da najbolj agresivne družine dodatno izločimo po kriteriju odbire na osnovi neodvisnih spodnjih mej. V selekcijskem postopku do sedaj nismo v nobenem primeru predlagali plemenske uporabe čebelje družine, ki je bila ocenjena z oceno manjšo od 3. S tem pa smo seveda malenkostno zmanjšali skupni genetski napredek.

SUMMARY

Simultaneous selection of honey bees to honey production in kg, colony defensive behaviour (scored on international four scale system – 1 – most aggressive, 4 – most gentle colonies) and colony swarming expression (scored also on four scale system – 1 colony swarmed, 4 – colony which did not express any tendency of swarming) was studied in the present investigation. Data of yearly production characteristics of 2.494 honeybee queens, which were reared at 18 queen breeders and tested at 199 various places between 1994 - 1998, were used to construct the selection index.

The average honey yield in the test population of honeybee colonies was 16.71 ± 7.29 kg. The component of variance “origin of queen” was significant ($P < 0.0091$). It was significant at swarming ability ($P < 0.0102$) and at colony defense behaviour ($P < 0.0221$).

The colony defense behaviour, estimated on international four scale system, was positively related to the total honey yield per year ($b_1 = + 0.81 \pm 0.24$). The most gentle colonies yielded 3.24 kg more honey than the most aggressive ones. The difference in honey yield was even more related to colony swarming behaviour. The colony that swarms yielded 9 kg less honey than a colony that does not swarm. The relation between estimation of swarming behaviour and yearly honey yield was $b_2 = +2.23 \pm 0.16$.

The average degree of resemblance inside queen breeding places was not known. We supposed that approximately 10 supersister worker groups are present at certain time in the colony. Estimation of the average degree of resemblance in colony was 0.30. Queens collected from a queen breeder place each year, originated from three genetically different, not related queen mothers. We assumed that if one third of queen mothers appears also next year, another third appears as young queens daughters of queens mother from previous years, and the last third as queens which are not relative to queens used in previous years. Consequently, the average degree of resemblance in 5 years would be 0.10. Heritability of honey production was 0.41 ± 0.22 , heritability of colony swarming behaviour 0.73 ± 0.28 , and heritability of colony defense behaviour 0.49 ± 0.24 . On the basis of matrices of phenotypic and genetic values, and the “value” of swarming and defense behaviour scores, expressed in kg of honey yield, the following selection index was created:

$$\text{Indeks} = 0.42 * (\text{kg of honey a year}) + 1.94 * (\text{scores of swarming behaviour}) + 0.80 * (\text{scores of colony defense behaviour})$$

Variability of index was 29.45, variability of aggregate genotype was 62.39. R^2 of index was 0.47 which was 14.5 % higher than the value of heritability for honey production (which results from the population analysis (0.41 ± 0.22)).

Colony defense behaviour scores represented the smallest part of index - just 2 %. It means that the most aggressive colonies can be bred in spite of their unpleasant behaviour. In such situation it is advisable not to use those colonies as parents for the next generation. In practice, a colony scored for defensive behaviour less than 3.00, is not accepted as breeding stock.

VIRI

- Boigenzahn, C./ Willam, A. Schaetzung von Populationsparametern fuer die Varroatoleranz der Honigbiene (*Apis mellifera carnica*). *Bienewelt*, 41(1999)1, 3-7.
- Crozier, R.H. Coefficients of relationships and the identity of genes by descent in the Hymenoptera. *A. Nat.*, 204(1970), 216.217.
- Debevec, L. S čebelami in čebelarji skozi stoletja, Zveza čebelarских društev Slovenije, Ljubljana, 1967, 36 s.
- Falconer, D.S. Introduction to quantitative genetics, second edition. Longman, London, New York, 1985, 340 s.

- Hazel, N.N./ Lush, J.L. The efficiency of the three methods of selection. *Journal of Heredity*, 33(1943), 393-399.
- Henderson, C.R. Selection index and expected genetic advance. V Hanson Wdin Robinson HF: *Statistical genetics and plant breeding*, Nat. Ac. Sci. Nat. Res. Council Publ., No 982, Washington D.C., 1963.
- Meyer, K. Maximum likelihood estimation of variance components for a multivariate mixed model equal design matrices. *Biometrics*, 41(1985), 153-165.
- Moritz, R./ Southwick, E.E. *Bees as Superorganisms*. Springer Verlag, 1992, 395 s.
- Poklucar, J. Export of Carniolan bee from the former land Carniola between 1858 and 1922. *Int. Sym.on Bee breeding and selection*, Zagreb, 1991-05-6/8.
- Rihar, J. Način čebelarjenja na Slovenskem. Odkritja Slovencev o čebelah in čebelji botaniki. *Slovenski čebelar*, 100(1998), 350-363.
- Ruttner, F. *Zuchttechnik und Zuchtauslese bei der Biene - 6. neuarbeitete Auflage*. Ehrenwirth Verlag, Muenchen, 1988, 146 s.
- Uradni list SRS. Zakon o ukrepih v živinoreji. 17(1978).
- Uradni list SRS. Pravilnik o pogojih za zrejo in promet s čebeljimi maticami ter za organizacijo plemenišč. 21(1981).
- Žnideršič, A. Trgovina s čebelami. *Slovenski čebelar*, 6(1906), 47-50.