

Acta fytotechnica et zootechnica 2
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2010, s. 40–44

VPLYV SYSTÉMOV PRIPÁROVANIA A INTENZITY SELEKCIE NA ZMENY INBRÍDINGU V PINZGAUSKEJ POPULÁCIÍ

THE INFLUENCE OF MATING SYSTEM AND SELECTION INTENSITY ON INBREEDING CHANGES IN PINZGAU BREED POPULATION

Radovan KASARDA, Ondrej KADLEČÍK, Eva HAZUCHOVÁ, Anna TRAKOVICKÁ, Martina MILUCHOVÁ

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

The effect of mating (random vs. factorial) and selection strategy (phenotypic vs. BLUP EBV) is evaluated in this paper. Existing population structure was analyzed using Monte Carlo stochastic simulation from the point of minimization of inbreeding increase. BLUP selection resulted in significantly higher increase of inbreeding in all designed alternatives; from 0.24 % (5 sires), 0.93 % (4 sires), 0.53 (3 sires) to 1.54 % (2 sires) as an average in 10 generations. After 10 generations of factorial mating, $\Delta F = 6.92$ % (2 sires), 4.77 % (3 sires), 4.30 % (4 sires) 3.86 % (5 sires) was observed. Minimization of inbreeding increase in small populations is important for preservation of genetic diversity and prevention of its loss in populations. Classical approach is based on equalization of sires and dams ratio in mating program. Contrariwise, in most of commercial populations small number of sires is used with high mating ratio.

Key words: Pinzgau breed, mating strategy, inbreeding

Vnútro populačná diverzita je dôležitou zložkou globálnej biodiverzity nielen voľne žijúcich ale aj hospodárskych zvierat. Kritickou hodnotou pre meranie straty genetickej diverzity v populácii je prírastok inbrídingu. Pre zachovanie genetickej diverzity a zabránenie straty je nevyhnutné minimalizovať prírastok inbrídingu v malých populáciách akými sú aj ohrozené plemená (Grundty et al., 1998, , 1999). Klasické riešenie vyžadovalo vyrovnanie počtu otcov a matiek v pripárovacom pláne (Wright, 1938). Naopak vo väčšine komerčných populácií sa využíva nízky počet plemenných zvierat s vysokým pripárovacím podielom. Problémom je tiež udržiavať vysoký počet dospelých plemenných samcov. Sánchez et al. (2003) uvádza, že na podklade teórie dlhodobých genetických príspevkov je možné modelovať viacgeneračný vývoj v rodokmeňoch. Tento predpoklad potvrdil stochastickou simuláciou.

Moderné šľachtiteľské programy dobytká sa vyznačujú presnými metódami odhadu plemenných hodnôt a používaním reprodukčných technológií. Hoci tieto programy vedú k rýchlemu genetickému zisku, prejavujú sa aj akumuláciou inbrídingu cez zvýšený vplyv malého počtu selektovaných jedincov resp. rodín. Z tohto dôvodu, inbríding rastie na akcelerujúcu hodnotu väčšiny druhov a ekonomické straty cez inbríding sú značné. Inbríding depresia sa vyskytuje pri produkčných znakoch, ako rast a produkcia mlieka, a znakov zdravia, ako plodnosť a hlavne prežiteľnosť.

Vplyv inbrídingu, ako významný faktor ovplyvňujúci efektívnosť šľachtiteľského programu vo svojich prácach analyzovali aj Kasarda a Kadlečík (2001, 2004), Kadlečík a i. (2002), Kasarda a i. (2002a, 2002b, 2002c). Kasarda a Kadlečík (2004, 2005a, 2005b, 2005c) odporúčali zvýšenie počtu ročne selektovaných preverených býkov, vzhľadom na udržanie prírastku inbrídingu pod úrovňou 1% za generačný interval ako vyplýva z globálnej stratégie FAO (1992) a zároveň dostatočný genetický zisk.

Kasarda a Kadlečík (2007) analyzovali ekonomický význam inbrídingu v čistokrvnej populácii pinzgauského plemena na Slovensku a odhadli dopad inbrédnej depresie na -39,60 Sk pre SPI, -8,95 kg PH mlieka, -0,37 kg PH tuku a -0,36 kg PH bielkovín.

Náhodné párenie, je systém pri ktorom má každý jedinec rovnakú šancu párenia s ľubovoľným jedincom v populácii. Dôležitou podmienkou je, že neexistuje žiadna špeciálna tendencia párených zvierat byť podobného genotypu, resp. byť navzájom príbuzní. Ak populácia pokrýva značnú geografickú rozlohu, jedince určitej lokality sa navzájom pária s vyššou pravdepodobnosťou medzi sebou ako s jedincami s iných lokalít a preto vzniká tendencia, že párené jedince sú príbuzné cez spoločných predkov (Falconer a Mackay, 2004). Meuwissen a Sonesson (1998) uvádzajú, že v šľachtiteľských programoch je hlavným cieľom maximalizovať genetický zisk pri limitovanom prírastku inbrídingu. Na maximalizovanie genetickej hodnoty selektovaných zvierat v populáciách s prekryvujúcimi sa generáciami je nevyhnutné limitovať priemernú príbuznosť populácie súčasného selekčného kola, pretože inbríding budúcej generácie stúpa pri priemere o polovicu priemernej príbuznosti v populácii. V šľachtiteľských stratégiách malých populácií je veľmi často kladený dôraz na minimalizovanie alebo udržanie inbrídingu na čo najnižšej úrovni. Popri vyrovnaní počtu potomkov na rodiča je ďalšie zníženie inbrídingu možné dosiahnuť zamedzením párenia jedincov príbuzných do určitého stupňa, resp. párenie jedincov s najnižšou mierou príbuznosti (Wright, 1922). Ako ďalej konštatujú Kimura a Crow (1963) popritom je potrebné čo najrýchlejšie rozdeliť populáciu na čo najvyšší počet línii. Sørensen et al. (2005) porovnávali efekt faktoriálneho a hierarchického párenia na výšku genetického zisku a prírastok inbrídingu s využitím dlhodobých genetických príspevkov. Ako autori zistili, prírastok inbrídingu bol vo všeobecnosti vyšší pri selekcii podľa selekčného indexu oproti hromadnej selekcii. Pri použití faktoriálneho pripárovania bol dosiahnutý nižší prírastok inbrídingu, a zároveň došlo k redukcii variability priemeru plemenných hodnôt, čo viedlo k zníženiu vplyvu kovariancie príspevkov na prírastok inbrídingu. Selekciou podľa selekčného indexu a faktoriálnym párením došlo k zníženiu variability počtu selektovaných potomkov na jedného rodiča a to redukovalo variabilitu veľkosti rodín a prispelo k ďalšiemu zníženiu prírastku inbrídingu. Faktoriálne párenie zvyšuje flexibilitu šľachtiteľ-

ských programov pre dosahovanie optimálnych genetických príspevkov. Kremer et al. (2002, 2006) vyvinuli softvérové riešenie, ktoré umožňuje stochastickú simuláciu selekcie zvierat a rôznych príparovacích stratégií pre tvorbu udržateľných šľachtiteľských programov.

Cieľom práce bolo vyhodnotiť vplyv príparovacej stratégie na vývoj inbrídingu v populácii pinzgauškého plemena na Slovensku.

Materiál a metódy

Hodnotili sme priamy efekt štruktúry populácie v šľachtiteľskom programe a miery intenzity selekcie na vývoj ukazovateľov inbrídingu za generáciu. Ukazovateľmi inbrídingu boli koeficient intenzity inbrídingu (F_x), prírastok intenzity inbrídingu za generáciu (ΔF) a koeficient príbuznosti (R_{xy}). Hodnoty R_{xy} resp. F_x ako aj ΔF boli uvádzané v percentuálnom vyjadrení.

Pomocou stochastickej simulácie Monte Carlo (Kremer a i., 2002, 2006) sme analyzovali vplyv stratégií príparovania a intenzity selekcie, na minimalizovanie ukazovateľov inbrídingu. Vychádzali sme s existujúcej štruktúry populácie.

Stratégie príparovania:

- alternatíva 1: náhodné príparovanie so selekciou podľa fenotypových hodnôt,
- alternatíva 2: faktoriálne príparovanie so selekciou podľa odhadnutých plemenných hodnôt (obr. 1).

Pri selekcii sme v populácii použili princíp selekcie podľa jednotnej výberovej hranice s obmedzením párenia príbuzných (Wray and Goddard, 1994; Meuwissen and Sonneson, 1998). V oboch príparovacích stratégiách sme použili fixný podiel párení pripadajúci na jedného rodiča, využívanie plemenníkov v inseminácii rovnakým podielom a predpokladu, že jedince v generácii 0 sú základní predkovia, bez známej rodokmeňovej štruktúry. Vstupné parametre štruktúry populácie pre alternatívy 1, 2:

- Počet selektovaných otcov býkov: 2, 3, 4, 5
- Počet selektovaných matiek býkov: 40
- Koeficient dedivosti selekčného indexu h^2 : 0,091
- Podiel pohlavia potomstva: 50:50
- Počet generácií: 10

Direkcionálna selekcia otcov býkov (OB) a matiek býkov (MB) podľa jednotnej výberovej hranice s obmedzením párenia príbuzných.

Pri zohľadnení požiadaviek existujúceho chovného cieľa (Kadlečík et al., 2004) sme navrhli rámcový index celkovej hodnoty, ktorý popri vlastnostiach mliekovej úžitkovosti, zahŕňal aj znaky intenzity rastu a fitness (Kasarda et al., 2008). Pre potreby zostavenia selekčného indexu sme použili odhady plemenných hodnôt produkcie mlieka na Slovensku (PS SR), odhady plemenných hodnôt živej hmotnosti (Kasarda a i., 2009) a odhady plemenných hodnôt funkčnej dĺžky produkčného života (Mészáros, 2008) pinzgauškého dobytku na Slovensku. Pre potreby zostavenia selekčného indexu boli popri odhadnutých plemenných hodnotách použité ekonomické váhy vlastností (Huba a i., 2004).

Výsledky a diskusia

Viacerí autori pri hodnotení inbrídingu v príparovacích plánoch zohľadňovali selekciu na princípe odhadu BLUP plemenných hodnôt, pričom porovnávacou stratégiou bolo náhodné párenie

zvierat v populácii (Falconer and Mackay, 2004; Sánchez et al., 2003, Silvela and Diez-Barra, 1985; Bulmer, 1971). Ako východisko sa predpokladá neselektovaná populácia s výberom zvierat podľa fenotypových hodnôt.

Podľa výsledkov uvedených v tabuľke 1 je možné sledovať aký bol vývoj výstavby rodokmeňovej štruktúry v populácii. V alternatíve s dvomi selektovanými otcami býkov bol dosiahnutý najvyšší priemerný prírastok inbrídingu simulovaný za desať generácií $\Delta F = 4,25\%$. So zaraďovaním vyššieho počtu otcov býkov mal priemerný prírastok inbrídingu klesajúcu tendenciu, keď jeho hodnota klesala na 3,14 % pri troch otcov býkov, 2,42 % pri štyroch otcov býkov, resp. 2,17 % pri zaradení piatich otcov býkov.

V populácii pinzgauškého dobytku na Slovensku sú jedince selektované podľa odhadnutých plemenných hodnôt BLUP a bol porovnaný simulovaný vývoj ukazovateľov inbrídingu v populácii za podmienok faktoriálneho párenia (obr. 1) s cieľom predpovedať možnosti jeho zníženia. Všetky sledované parametre okrem R_{xy} mali na začiatku nulovú hodnotu. Podľa výsledkov uvedených v tabuľke 2 je možné sledovať simulovaný vývoj výstavby rodokmeňovej štruktúry v populácii. V alternatíve s 2 selektovanými otcami býkov bol dosiahnutý najvyšší prírastok inbrídingu za generáciu, ktorého priemerná hodnota predstavovala 6,92 %. So zaraďovaním vyššieho počtu otcov býkov mal prírastok inbrídingu klesajúcu tendenciu, keď jeho hodnota sa znížila na 4,77 % pri troch otcov býkov, 4,30 % pri štyroch otcov býkov resp. 3,856 % pri zaradení 5 otcov býkov.

Medzi porovnávanými alternatívami boli zistené vysokopreukazne nižšie priemerné 10 generačné prírastky inbrídingu v prospech fenotypovej selekcie s náhodným párením (tabuľka 1, 2), ktoré sa pohybovali v priemere od 0,24** pri piatich selektovaných otcov býkov, 0,93** (štyria býci), 0,53** (traja býci), 1,54** (dvaja býci).

Selekcia podľa BLUP plemenných hodnôt má za následok vyšší prírastok inbrídingu pri použití dvoch, troch, štyroch resp. piatich otcov býkov. Pri použití faktoriálneho príparovania bol dosiahnutý nižší prírastok inbrídingu ako pri náhodnom párení so selekciou podľa BLUP plemenných hodnôt (Kasarda a Kadlečík, 2010).

Selekciu podľa BLUP plemenných hodnôt vo svojich prácach aplikovali Caballero et al. (1996), Meuwissen and Sonneson (1998), Fernández et al. (2003), Windig and Engelsma (2008), ako uvádzajú je možné preukazne znížiť prírastok inbrídingu v šľachtiteľskom programe. Prírastok inbrídingu dosiah-

		Plemenníky (1)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Plemennice (2)	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								

Obrázok 1 Schéma faktoriálneho párenia v populácii Falconer and Mackay, 2004

Figure 1 Diagram of factorial mating in a population (1) males, (2) females

Tabuľka 1 Výsledky simulácie náhodného pripárovania a selekcie podľa fenotypových hodnôt na výšku prírastku inbrídingu v populácii pri rôznom počte otcov synov (alternatíva 1)

Generácia (1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 OB (2)										
F_x v %	0	5,469	11,13	15,84	21,74	24,00	27,88	31,67	34,50	38,30
R_{xy} v %	13,13	22,51	34,04	42,28	49,79	58,06	63,85	70,48	76,68	83,08
ΔFv %	0	2,879	4,123	4,586	5,086	5,049	5,022	5,015	4,976	4,995
3 OB (2)										
F_x v %	0	4,583	7,917	12,19	15,86	18,87	21,63	23,20	26,60	30,10
R_{xy} v %	8,75	16,68	23,39	32,68	38,71	43,84	49,91	54,05	59,69	68,46
ΔFv %	0	2,418	3,002	3,416	3,647	3,734	3,743	3,629	3,611	3,658
4 OB (2)										
F_x v %	0	2,891	6,23	9,619	11,05	14,94	17,66	19,66	21,91	23,54
R_{xy} v %	6,563	13,60	17,45	22,68	29,14	34,64	39,61	43,53	47,76	52,75
ΔFv %	0	1,532	2,256	2,677	2,649	2,820	2,928	2,963	2,958	2,917
5 OB (2)										
F_x v %	0	2,688	5,13	8,637	10,41	12,03	16,5	17,59	19,31	22,27
R_{xy} v %	5,25	10,45	16,02	21,33	26,25	32,17	35,60	40,00	43,57	48,42
ΔFv %	0	1,425	2,119	2,433	2,464	2,403	2,599	2,606	2,577	2,612

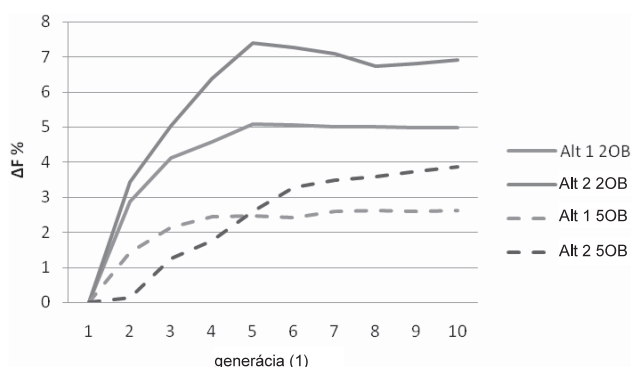
Table 1 Simulation results of random mating and phenotypic selection on inbreeding increase in population at various number of sires of sires (alternative 1)
(1) generation, (2) sires of sires**Tabuľka 2** Výsledky simulácie vplyvu faktoriálneho pripárovania a selekcie podľa odhadnutých BLUP plemenných hodnôt na výšku prírastku inbrídingu v populácii (alternatíva 2)

Generácia (1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 OB (2)										
F_x v %	0	6,563	13,48	22,18	30,50	32,78	36,63	38,47	45,29	49,83
R_{xy} v %	13,13	25,93	39,92	56,10	70,90	74,68	82,45	90,14	98,26	106,80
ΔFv %	0	3,444	5,033	6,390	7,404	7,284	7,107	6,747	6,813	6,922
3 OB (2)										
F_x v %	0	4,167	8,62	13,87	17,72	21,34	27,42	27,81	34,01	36,85
R_{xy} v %	8,75	19,24	31,01	40,82	47,71	53,99	62,35	67,25	74,88	81,50
ΔFv %	0	2,201	3,131	3,832	4,119	4,25	4,614	4,506	4,687	4,767
4 OB (2)										
F_x v %	0	3,281	5,469	13,14	19,38	19,79	24,25	28,64	30,01	32,63
R_{xy} v %	6,563	16,14	23,47	33,84	46,80	50,02	56,62	65,01	69,29	74,22
ΔFv %	0	1,737	2,021	3,362	4,306	4,211	4,297	4,437	4,368	4,302
5 OB (2)										
F_x v %	0	0,25	4,00	6,504	12,43	17,90	19,85	22,86	26,97	30,23
R_{xy} v %	5,25	12,29	19,24	23,72	32,47	44,00	48,80	54,60	61,25	68,12
ΔFv %	0	0,1334	1,248	1,74	2,585	3,265	3,471	3,584	3,74	3,856

Table 2 Simulation results of influence of factorial mating and selection according to BLUP breeding values on inbreeding increase in population according to number of sires of sires (alternative 2)
(1) generation, (2) sires of sires

nutý fenotypovou selekciou a náhodným párením bol nižší (Falconer and Mackay, 2004) ako pri selekcii podľa BLUP plemenných hodnôt. Obdobné závery uvádzajú Sánchez et al. (2003), Silvela and Diez-Barra (1985), Bulmer (1971) v porovnaní so stratégiou maximálneho obmedzenia inbrídingu v populácii, resp. Sørensen et al. (2005), Honda et al. (2004), Nomura (1999), Caballero et al. (1996) v porovnaní s asortatív-

ným párením, či Sørensen et al. (2005), Sánchez et al. (2003) pri faktoriálnom párení, resp. pripárovaním s obmedzením párenia so starým otcom ako spoločným predkom Wright (1922), Kimura and Crow (1963). K obdobným záverom dospeli pri porovnaní prírastku inbrídingu v schéme s fenotypovou selekciou a náhodným párením so selekciou podľa BLUP plemenných hodnôt Kasarda a Kadlečík (2010).



Obrázok 2 Porovnanie prírastku inbrídingu sledovaných alternatív pri použití dvoch, resp. piatich otcov býkov
Figure 2 Comparison of inbreeding increase between the alternatives using 2 and 5 sires of sires (1) generation

Záver

V populácii selektovanej na podklade odhadnutých plemenných hodnôt sú dosahované vysoké prírastky inbrídingu. Faktoriálne párenie vedie k vyšším prírastkom inbrídingu ako náhodné párenie so selekciou podľa fenotypových hodnôt. Rozdiel v prírastku inbrídingu sa pohyboval od 0,24 do 1,54 % v priemere hodnôt zistených za desať generácií. Po desiatich generáciách predstavoval prírastok inbrídingu pri použití faktoriálneho párenia 6,92 % pri použití dvoch otcov býkov, 4,77 % (traja býci), 4,30 % (štyria býci), resp. 3,86 % pri použití piatich otcov býkov.

Súhrn

Hodnotený bol vplyv náhodného a faktoriálneho párenia ako aj selekcie podľa fenotypových a BLUP plemenných hodnôt na zmeny ukazovateľov inbrídingu. Selektácia podľa BLUP plemenných hodnôt sa prejavila vzostupom inbrídingu. Vysokopreukazne nižšie prírastky inbrídingu boli zistené pri fenotypovej selekcii s náhodným párením, ktoré sa pohybovali v priemere od 0,24** pri piatich selektovaných otcov býkov, 0,93** (štyria býci), 0,53** (traja býci), 1,54** (dva býci) ako priemer za desať generácií. Po desiatich generáciách pri faktoriálnom párení bol prírastok inbrídingu $\Delta F = 6,92\%$ pri použití dvoch otcov býkov, 4,77 % (traja býci), 4,30 % (štyria býci), resp. 3,86 % pri použití piatich otcov býkov. Pre zachovanie genetickej diverzity a prevenciu jej straty v populácii je dôležité minimalizovať vzostup inbrídingu v malých populáciách. Klasický prístup bol založený na vyrovnaní podielu selektovaných matiek a otcov v pripárovacom programe. Naopak vo väčšine komerčných populácií je využívaný malý počet otcov s vysokým pripárovacím podielom.

Kľúčové slová: pinzgauské plemeno, pripárovacia stratégia, inbríding

Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu „Excelentného centra pre uchovávanie a využívanie agrobiodiverzity na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj, financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

Literatúra

- BULMER, M. G. 1971. The effect of selection on genetic variability; In: *The Amer. Natur.*, vol. 105, 1971, no. 943, may–june, p. 201–211
- CABALLERO, A. – SANTIAGO, E. – TORO, M. A. 1996. Systems of Mating to Reduce Inbreeding in Selected Populations. In: *Animal Science*, vol. 62, 1996, p. 431–442.
- FALCONER, D.S. – MACKAY, T.F.C. 2004. *Introduction to Quantitative Genetics*, 2004, Longman, Essex, UK.
- FAO. 1992. *The Management of Global Animal Genetic Resources; Proceedings of an FAO Expert Consultation*, Rome, Italy, p. 309.
- FERNÁNDEZ, J. – TORO, M. A. – CABALLERO, A. 2003. Fixed contributions vs. minimization of global coancestry to control inbreeding in small populations. In: *Genetics*, vol. 165, 2003, p. 885–894.
- HONDA, T. – NOMURA, T. – MUKAI, M. 2004. Reduction of inbreeding in commercial females by rotation mating with several sire lines. In: *Gener. Sel.*, vol. 36, 2004, p. 509–526.
- HUBA, J. – DAŇO, J. – KICA, J. a i. 2004. Ekonomické váhy ukazovateľov mliekovej úžitkovosti v produkčnom systéme roku 2003. In: *Journal of Farm Animal Science*, roč. 37, 2004, s. 199–125.
- KADLEČÍK, O. – KASARDA, R. – CANDRÁK, J. 2002. MOET ako alternatíva rozvoja pinzgauského plemena. In: *Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference „XX. Genetické dny“*, MZLU v Brně, 2002, s. 128–130. ISBN 80-7157-607-7.
- KADLEČÍK, O. – SWALWE, H. H. – LEDERER, J. A. – GROSU, H. 2004. *Development of dual-purpose pinzgau cattle*. Nitra : Publishing and Editorial Center of Slovak University of Agriculture, 2004, s. 132. ISBN 80-8069-439-7
- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. – RYBA, Š. – BUČKO, O. 2009. Odhad genetických parametrov mäsovej úžitkovosti pinzgauského dobytky na Slovensku. In: *Acta fytotechnica et zootechnica*, Nitra : SPU, roč. 12, 2009, Mimoriadne číslo, s. 37–40. ISSN 1335-258X
- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. – MÉSZÁROS, G. 2008. Trends of endangered population of Pinzgau Cattle in Slovakia. In: *Archiva Zootechnica*, vol. 11, 2008, no. 3, p. 82–87. ISSN 1016-4855.
- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. 2001. Predpoved zlepšenia mäsovej úžitkovosti slovenského pinzgauského plemena. In: *Zborník abstraktov z VII. vedeckej konferencie študentov a doktorandov*, Nitra : SPU, 26. apríl 2001, s. 208. ISBN 80-7137-851-8.
- KASARDA, R. – FELSEN, M. – KADLEČÍK, O. 2000. Predpoved ekonomických rizík v stratégii rozvoja slovenského pinzgauského plemena; In: *XIX. Dni genetiky, Acta fytot. zoot.* roč. 3, 2000, Mimoriadne číslo, s. 100.
- KASARDA, R. – BIJMA, P. – GROEN, A. F. – KADLEČÍK, O. – CANDRÁK, J. 2002. Genetic Improvement of Pinzgau Cattle in Slovakia. In: *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, France, Montpellier, Communication, 2002, no. 01–78.
- KASARDA, R. – BIJMA, P. – GROEN, A. F. – CANDRÁK, J. – KADLEČÍK, O. 2002. Future development of Pinzgau cattle in Slovakia. In: *Book of Abstracts of the 53rd Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, Egypt, 2002, p. 7 p. ISBN 9076998124.
- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. 2002. Prediction off Expected Genetic Progress of Growth Intensity and Meat Production of Pinzgau Bulls. In: *Acta fytot. zoot.*, vol. 5, 2002, no. 1, p. 25–29.
- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. 2004. Genetic gain and inbreeding of MOET breeding program of Pinzgau cattle: Slovak example. In: *The 33rd International session of Scientific communications of the Faculty of Animal Science*, Bucuresti, 2004, p. 32–37 p. ISBN 973-86584-4-6.
- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. 2005. Porovnanie alternatív šľachtiteľského programu pinzgauského plemena na Slovensku. In: *Polnohospodárstvo*, roč. 51, 2005, č. 1, s. 1–7. ISSN 0551-3677.
- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. 2005. Way out for rescue of Pinzgau cattle population. In: *Book of Abstracts 1st International Conference and Satellite Workshops „Traditional Agroecosystems“*, Nitra, 2005, p. 17. ISBN 80-8069-579-2.

- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. 2007. An economic impact of inbreeding in the purebred population of Pinzgau cattle in Slovakia on milk production traits. In: Czech J. Anim. Sci., vol. 52, 2007, no. 1, p. 7–11. ISSN 1212-18199.
- KASARDA, R. – KADLEČÍK, O. 2010. Simulácia vplyvu náhodného pripárovania a selekcie podľa odhadnutých BLUP plemenných hodnôt na výšku prírastku inbrídingu v populáciách pinzgauského plemena na Slovensku; In: Acta fyto. et zoo., roč. 13, 2010, Mimoriadne číslo, s. 4–9
- KIMURA, M. – CROW, J. F. 1963. On the maximum avoidance of inbreeding. In: Genetical Research, vol. 4, 1963, p. 399–415.
- KREMER, V. D. – MEUWISSEN, T.H.E. – WOOLLIAMS, J.A. 2002. 6S (SixS): Stochastic simulation software for sustainable selection schemes, In: 7th WCGALP, Montpellier
- KREMER, V. D. – MEUWISSEN, T.H.E. – WOOLLIAMS, J.A. 2006. 6S (SixS)V2.0: Stochastic simulation software for sustainable selection schemes, In: 8th WCGALP, Belo Horizonte
- MÉSZÁROS, G. – WOLF, J. – KADLEČÍK, O. 2008. Factors affecting the functional length of productive life in Slovak Pinzgau cows. In: Czech J. Anim. Sci., vol. 53, 2008, no. 3, p. 91–97. ISSN 1212-1819
- MEUWISSEN, T. H. E. – SONNENSON, A. K. 1998. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding: Overlapping generations. In: J. Anim. Sci., vol. 76, 1998, p. 2575–2583.
- MEUWISSEN, T. H. E. 1991. Optimization of Dairy Cattle Breeding Plans with Increased Female Reproductive Rates (Dissertation), Zeist, Netherland, 1991, p. 104.
- NOMURA, T. 1999. A mating system to reduce Inbreeding in Selection Programmes: Theoretical Basis and Modification of Compensatory Mating; In: Journal of Animal Breeding and Genetics, vol. 116, 1999, p. 351–361.
- SÁNCHEZ, L – BIJMA, P. – WOOLLIAMS, J. A. 2003. Minimizing inbreeding by managing genetic contributions across generations. In: Genetics, vol. 164, 2003, p. 1589–1595.
- SILVELA, L. – DIEZ-BARRA, R. 1985. Recurrent selection in autogamous species under forced random mating. In: Euphytica, vol. 34, 1985p. 817–8321.
- SØRENSEN, A. C. – SØRENSEN, M. K. – BERG, P. 2005. Inbreeding in Danish dairy cattle breeds. 2005.
- VERIER, E. – COLLEAU, J. J. – FOULLEY, J. L. 1991. Methods for Predicting Response to Selection in Small Populations under Additive Genetic Models: a Review; Livestock Production Science, vol. 29, 1991, p. 93–114.
- WINDIG, J. J. – ENGELSMAN, M. Y. 2008. An effective rotational mating scheme for inbreeding reduction in captive populations illustrated by the rare sheep breed. In: Animal, vol. 2, 2008, p. 1733–1741
- WRIGHT, S. 1922. Coefficient of inbreeding and relationship. In: Am. natur., vol. 56, 1922, p. 330–338.
- WRAY, N. R., – GODDARD, M. E. 1994. Increasing long term response to selection. Genet. Sel. Evol., 1994, no. 26, p. 43

Kontaktná adresa:

Ing. Radovan Kasarda, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Katedra genetiky a plemenárskej biológie, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ☎ 037-641 42 92, e-mail: Radovan.Kasarda@uniag.sk

Acta fytotechnica et zootechnica 2

Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2010, s. 44–48

HODNOTENIE ÚRODOVÉHO POTENCIÁLU VYBRANÝCH ODRÔD NECHTÍKA LEKÁRSKEHO (*CALENDULA OFFICINALIS* L.) V TEPLEJ AGROKLIMATICKEJ MAKROBLASTI

THE EVALUATION OF YIELD POTENTIAL OF SELECTED VARIETIES OF POT MARIGOLD (*CALENDULA OFFICINALIS* L.) IN WARM AGROCLIMATIC MACROREGION

Miroslav HABÁN,¹ Marta HABÁNOVÁ,¹ Štefánia VAVERKOVÁ,² Mária UPOHLAVOVÁ¹

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre¹
Univerzita Komenského v Bratislave²

The aim of this work was to analyze the growing technology of three varieties of marigold (*Calendula officinalis*). A field experiment was conducted during 2006–2008 at VPP SPU Koliňany, Nitra district, Slovak Republic. Three pot marigold varieties – Plamen, Plamen plus and Orange King were evaluated. We focused on the yield of flower drug (*Calendulae flos*). The technology used for the experiment followed the rules of good agricultural practice. Yield of flower drug was significantly influenced by evaluated varieties but no significant influence of the year condition was recorded. Three year results showed that the highest average flower drug yield was reached by Plamen plus variety (945 kg per ha). Variety Plamen reached 888 kg per ha of yield in an average and Orange King reached 789 kg per ha. The most productive variety Plamen plus reached about 6% and 16,5% more flower drug than Plamen and Orange King varieties and an average yield of Plamen variety was 11% higher with comparison to Orange King yield. According the results, the most suitable variety for warm agroclimatic region is Plamen plus. Expected contributions of three year field experiment of evaluated varieties are in improvement and stabilization of yield potential of pot marigold growing in warm agroclimatic macroregion.

Key words: pot marigold (*Calendula officinalis*), variety, Plamen, Plamen plus, Orange King, yield

Nechtík lekársky, astrovité (*Calendula officinalis*, Asteraceae) sa pestuje v súčasnosti ako liečivá rastlina na získanie kvetných úborov so zákrovom – *Calendulae flos cum calyce* alebo

pre získanie sýto oranžových kvetných lupienkov vytrhávaných z kvetných úborov, bez zeleného zákrovu, kalichu – *Calendulae flos syn calyce* (SFK 1, 1997), v súčasnosti tiež ako alterna-