

## ANALIZA SPOKREWNIENÍ W POPULACJI BUHAJÓW RASY POLSKIEJ HOLSZTYŃSKO-FRYZYJSKIEJ ODMIANY CZARNO-BIAŁEJ

Piotr Topolski<sup>1</sup>, Wojciech Jagusiak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Genetyki i Hodowli Zwierząt,  
32-083 Balice k. Krakowa

<sup>2</sup>Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Genetyki i Metod Doskonalenia Zwierząt,  
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

*Analizowano spokrewnienie w populacji 6299 buhajów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, urodzonych w latach 1994 do 2007. Stwierdzono, że objęta badaniami populacja charakteryzuje się bardzo dużą proporcją par spokrewnionych ze sobą osobników, ale przeciętny stopień podobieństwa genetycznego między buhajami jest niski. Średnie współczynniki pokrewieństwa addytywnego obliczone dla całej populacji oraz dla grupy osobników spokrewnionych w obu przypadkach nie przekraczają 2%. Analiza rodowodowa wskazuje także na związek między zmieniającą się w kolejnych rocznikach liczbą buhajów a dynamiką spokrewnienia w populacji. Zmniejszaniu się liczby odchowywanych buhajków towarzyszył dość konsekwentny wzrost średniego spokrewnienia. W grupie buhajków urodzonych po 2002 r. zaobserwowano odwrotną tendencję. Wraz z rosnącymi liczebnościami w kolejnych latach urodzeń średnie spokrewnienia dla kolejnych roczników malały. W związku z tym, największe średnie współczynniki odnotowano dla roczników o najmniejszej liczbie buhajów. Niezależnie od tego stwierdzone najwyższe średnie spokrewnienie w grupie buhajów z roczników o najmniejszej liczebności może przełożyć się aktualnie na wzrost zimbredowania w populacji rasy phf cb. Buhaje z tych roczników są bowiem obecnie aktywnie wykorzystywane w hodowli.*

Udział buhajów reprodukcyjnych w realizacji postępu genetycznego ma kluczowe znaczenie ze względu na intensywne stosowanie sztucznego unasienniania, pozwalającego na uzyskanie dużej liczby potomstwa po jednym ojcu. W ostatnich dziesięcioleciach przyczyniło się to w znaczącym stopniu do przyspieszenia postępu hodowlanego i tym samym zwiększenia efektywności realizowanych programów hodowlanych. Z drugiej strony, powszechne stosowanie inseminacji umożliwia wykorzystywanie w hodowli niewielkiej liczby najlepszych buhajów, które mogą być spokrewnione. Wzrost średniego spokrewnienia w populacji zwykle prowadzi do niekorzystnych zmian w jej strukturze genetycznej i sprzyja zwiększeniu średniego zimbredowania (Croquet i in., 2006). Z kolei, zwiększeniu przeciętnego stopnia homozygotyczności w populacji towarzyszy niemal zawsze nasilenie depresji wsobnej przejawiającej się m.in. obniżeniem przeciętnej wartości fenotypowej cech użytkowych (Mayer

i in., 2006; Parland i in., 2007). Regres ten w populacji bydła rasy holsztyńsko-fryzyskiej (hf) jest dobrze udokumentowany w literaturze (Miglior i in., 1995; Smith i in., 1998; Thompson i in., 2000; Strabel, 2001; Wall i in., 2005; Sewalem i in., 2006; Parland i in., 2007). Obecnie, problem związany ze wzrostem inbredu dotyczy przede wszystkim amerykańskich subpopulacji bydła rasy hf, ale ze względu na prowadzoną w ostatnich dziesięcioleciach w Europie „holsztynizację”, czyli użycie stosunkowo niewielkiej liczby spokrewnionych ze sobą buhajów rasy hf do krzyżowania z bydlęciem czarno-białym, nasila się on również w populacjach europejskich (Kania-Gierdziewicz, 2005; Sewalem i in., 2006; Sorensen i in., 2006; Parland i in., 2007). W Polsce wykorzystanie importowanego nasienia buhajów rozpoczęło się na szeroką skalę w roku 1971 (Trela i in., 1995). Filistowicz (1977) podał, że w rejonie Dolnego Śląska utworzono linie hodowlane i grupy krewniacze oparte na buhajach pochodzących z importu, które były liczniejsze i intensywniej użytkowane w porównaniu z rozplodnikami krajowymi.

W praktyce, ograniczenie niepożądanych skutków wysokiego średniego spokrewnienia w populacji osiąga się poprzez stosowanie zaplanowanych, indywidualnych kojarzeń. Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka (PFHBiPM), zaleca aby krowy i buhaje kojarzone indywidualnie nie miały wspólnych przodków w pokoleniu rodziców i dziadków (PFHBiPM, 2004).

Celem pracy jest zbadanie zmian struktury genetycznej populacji buhajów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyskiej odmiany czarno-białej (phf cb) urodzonych w latach 1994 do 2007.

## Material i metody

Podstawowy materiał do badań stanowiły rodowody 6299 buhajów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyskiej odmiany czarno-białej (2 pokolenia przodków), urodzonych w okresie od 1994 do 2007 r. Buhajki pochodziły po 738 ojcach i 5148 matkach. Baza rodowodowa podstawowego zbioru została uzupełniona o informacje zawarte w Kartotece Rodowodowej Buhajów PHFBiPM. Męska strona rodowodów składała się z prawie kompletnych ośmiu pokoleń przodków. Żeńska obejmowała kompletne trzypokoleniowe rodowody. Ze względu na dużą liczbę brakujących danych o krowach nie udało się uzupełnić żeńskiej strony rodowodów w takim stopniu, jak w przypadku męskiej. Końcowy zbiór składał się z numerów 22 913 zwierząt.

Przy tworzeniu zbioru rodowodowego, zawierającego oryginalne numery zwierząt (numery z krajów pierwszej rejestracji), datę ich urodzenia, płeć i identyfikator obory, został zastosowany oryginalny program napisany w języku „Fortran 95” pozwalający na aproksymację lat urodzeń dla zwierząt niemających takiej informacji oraz sprawdzenie poprawności lat urodzeń i płci pozostałych zwierząt. Przy pomocy tego programu zbadano także stopień wypełnienia rodowodu (jego kompletności).

Na podstawie wspomnianego zbioru danych obliczono współczynniki pokrewieństwa addytywnego. W obliczeniach wykorzystano oprogramowanie zaimplementowane w pakiecie „PEDIG 2007” (Boichard, 2007).

Średnie i odchylenia standardowe współczynników pokrewieństwa między buhajami w obrębie lat urodzeń obliczono za pomocą pakietu SAS (SAS, 1990).

## Wyniki

Buhaje rasy phf cb podzielono na grupy według roku urodzenia, a następnie w obrębie każdej grupy obliczono współczynniki pokrewieństwa dla wszystkich możliwych par (dwuelementowych kombinacji) zwierząt. Liczba wszystkich par buhajów wynosiła 1 878 418, a wśród nich 1 836 756 par charakteryzowało się większym od zera współczynnikiem pokrewieństwa. Szczegółową charakterystykę spokrewnienia buhajów w zależności od roku urodzenia przedstawiono w tabelach 1 i 2. W tabeli 1 zamieszczono analizę spokrewnienia dla wszystkich par buhajów, a w tabeli 2 uwzględniono tylko pary buhajów spokrewnionych ze sobą.

Tabela 1. Charakterystyka opisowa spokrewnienia w populacji buhajów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej według roku urodzenia  
Table 1. Descriptive characteristics of relatedness in a population of Polish Black-and-White Holstein-Friesian bulls, by year of birth

Rok urodzenia Year of birth	N	N par No. of pairs	Współczynnik pokrewieństwa addytywnego (%) Coefficient of additive relationship (%)			
			$\bar{x}$	sd	min.	maks.
1994	65	2080	1,97	3,85	0,00	25,00
1995	452	101926	1,67	3,36	0,00	26,95
1996	462	106491	1,88	3,32	0,00	28,91
1997	446	99235	1,78	2,66	0,00	26,76
1998	430	92235	1,93	3,13	0,00	29,30
1999	265	34980	2,05	3,24	0,00	28,42
2000	341	57970	2,15	2,71	0,00	28,30
2001	335	55945	1,92	2,49	0,00	28,37
2002	385	73920	2,17	2,76	0,00	26,90
2003	488	118828	1,81	2,35	0,01	27,10
2004	733	268278	1,57	2,06	0,00	26,64
2005	1012	511566	1,45	1,87	0,00	27,49
2006	842	354061	1,31	1,55	0,00	26,94
2007	43	903	1,53	2,03	0,12	16,83
Razem Total	6299	1 878 418	1,79	2,67	0,00	29,30

Dla kolejnych roczników odnotowano dość regularny wzrost procentowego udziału par osobników spokrewnionych (od 80,14% w grupie buhajów urodzonych w 1994 r. do 100% wśród buhajów urodzonych w 2003) (tab. 2). W grupach buhajów urodzonych po 2003 r. procentowy udział par osobników spokrewnionych zmniejsza się w kolejnych latach urodzeń (od 99,72% w roku 2004 do 97,21% w 2006). W obrębie rocznika 2007 wszystkie osobniki były spokrewnione, ale liczba zwierząt urodzonych w tym roku (43 buhaje) jest mało reprezentatywna.

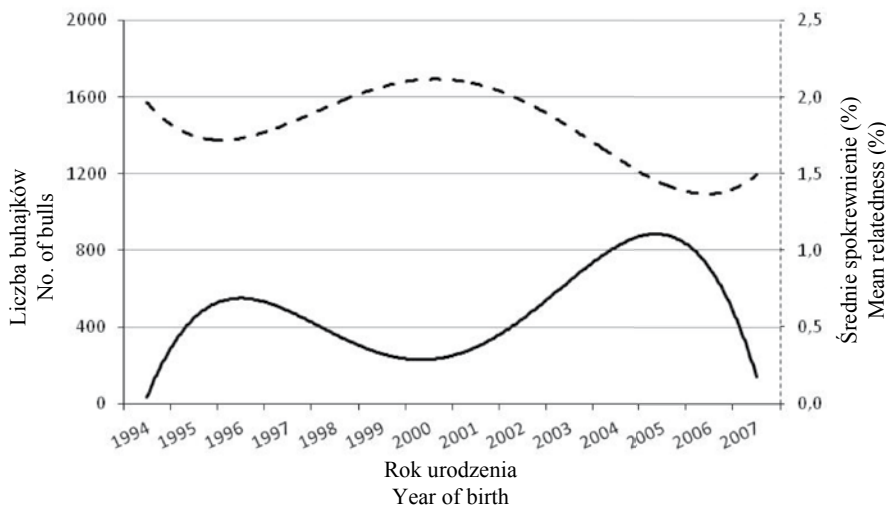
Tabela 2. Charakterystyka opisowa spokrewnienia dla osobników spokrewnionych w populacji buhajów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej w zależności od roku urodzenia  
 Table 2. Descriptive characteristics of relatedness for related animals in a population of Polish Black-and-White Holstein-Friesian bulls, by year of birth

Rok urodzenia Year of birth	N par No. of pairs	Spokrewnione Related (%)	Współczynnik pokrewieństwa addytywnego (%) Coefficient of additive relationship (%)			
			$\bar{x}$	sd	min.	maks.
1994	1667	80,14	2,45	4,16	0,02	25,00
1995	85669	84,05	1,99	3,57	0,01	26,95
1996	98515	92,51	2,03	3,40	0,01	28,91
1997	97141	97,89	1,81	2,68	0,01	26,76
1998	90888	98,54	1,96	3,14	0,01	29,30
1999	34827	99,56	2,06	3,24	0,01	28,42
2000	57761	99,64	2,15	2,71	0,02	28,30
2001	55850	99,83	1,92	2,49	0,01	28,37
2002	73528	99,47	2,18	2,76	0,01	26,90
2003	118828	100,00	1,81	2,35	0,01	27,10
2004	267527	99,72	1,57	2,06	0,01	26,64
2005	509469	99,59	1,46	1,87	0,01	27,49
2006	344183	97,21	1,35	1,55	0,01	26,94
2007	903	100,00	1,53	2,03	0,12	16,83
Razem Total	1 836 756	97,78	1,88	2,71	0,01	29,30

Średni współczynnik pokrewieństwa addytywnego obliczony dla całej populacji buhajów wynosi 1,79%, a najwyższy stwierdzony współczynnik pokrewieństwa jest równy 29,30% (tab. 1). W grupach buhajów należących do starszych roczników przeciętne spokrewnienie nieregularnie wzrasta, a największe średnie współczynniki pokrewieństwa (2,15% i 2,17%) stwierdzono dla par buhajów urodzonych odpowiednio: w 2000 i 2002 r. W grupie buhajów z młodszych roczników średni współczynnik zmniejsza się od 1,81% dla osobników urodzonych w 2003 r. do 1,31% oraz 1,53% dla zwierząt urodzonych w 2006 i 2007. Maksymalne wielkości współczynników pokrewieństwa addytywnego stwierdzone w obrębie kolejnych roczników buhajów przekraczają 25%. Wyjątek stanowi grupa buhajów urodzonych w 2007 r., w przypadku której najwyższy stwierdzony współczynnik pokrewieństwa wynosi 16,83%.

Analizując wyniki zawarte w tabeli 2 stwierdzono, że średni współczynnik pokrewieństwa addytywnego dla par buhajów spokrewnionych wynosi 1,88%. Największą, przeciętną wartość tego współczynnika (2,45%) odnotowano w grupie buhajów urodzonych w 1994 r. Dla kolejnych roczników stwierdzono nieregularny wzrost wartości współczynnika pokrewieństwa: od 1,99% dla osobników urodzonych w 1995 r. do 2,15% i 2,18% wśród buhajów urodzonych odpowiednio w roku 2000 i 2002. W grupach buhajów należących do młodszych roczników wartość tego współczynnika maleje – od 1,81% (2003) do 1,35% (2006) i 1,53% (2007).

Linie trendu liczebności buhajów hodowlanych rasy phf cb i średniego spokrewnienia według roku urodzenia przedstawiono na wykresie 1.



Wykres 1. Linie trendu liczby buhajów hodowlanych rasy phf cb i średniego spokrewnienia według roku urodzenia

Figure 1. Trend lines for the number of Polish Black-and-White Holstein-Friesian bulls and the mean relatedness, by year of birth

### Omówienie wyników

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że objęta analizą populacja buhajów charakteryzuje się bardzo dużą liczbą par spokrewnionych ze sobą osobników. Udział spokrewnionych par zwierząt w obrębie roczników jest na ogół większy od 95%, a dla ponad połowy roczników przekracza aż 99%. Zaobserwowano jednak, że pomimo takiej liczby spokrewnionych par buhajów przeciętny stopień spokrewnienia w populacji jest niski. Świadczą o tym średnie współczynniki pokrewieństwa adytywnego, które obliczone dla całej populacji buhajów oraz dla grupy osobników spokrewnionych w obu przypadkach nie przekraczają 2%. Niewielkie spokrewnienie stosunkowo dużej liczby par buhajów wynika zapewne z faktu posiadania wspólnych przodków w dość odległych pokoleniach. Potwierdza to jednocześnie dobrą jakość informacji rodowodowej objętych badaniami zwierząt, która ma istotne znaczenie dla dokładności obliczania współczynników pokrewieństwa (VanRaden, 1992; Lataaya i in., 1999).

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można sądzić, że rodowody buhajów ze starszych roczników są mniej głębokie i dokładne niż rodowody buhajów później urodzonych. Konsekwencją tego stanu rzeczy jest zjawisko, polegające na systematycznym zmniejszaniu się odchyłeń standardowych spokrewnień dla kolejnych roczników. Dowodzi ono rosnącego udziału par osobników o mniejszym spokrewnieniu w kolejnych latach urodzeń. Pomimo zmniejszania zmienności spokrewnień w kolejnych rocznikach, najwyższe spokrewnienie w przypadku prawie wszystkich lat urodzeń jest zbliżone do 25%, co odpowiada spokrewnieniu pomiędzy półrodzeństwem.

Niewielkie spokrewnienie w krajowej populacji bydła czarno-białego o różnym udziale genów rasy hf oraz w populacji rasy phf cb było już stwierdzane w pracach innych autorów (Jagusiak i Żarnecki, 1994, 2002; Jagusiak i Ptak, 2003; Kania-Gierdziewicz, 2005).

Jagusiak i Żarnecki (2002) podali, że spośród 1195 buhajów testowanych w latach 1999–2001 prawie połowa była synami 10 ojców, natomiast pozostałe pochodziły po aż 105 ojcach. W tej samej pracy autorzy wykazali, że wśród 3800 buhajów użytkowanych w Polsce i posiadających ocenę międzynarodową było prawie 13% osobników pochodzących z zagranicy. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzili, że duża liczba ojców buhajów i intensywny import nasienia były prawdopodobnymi przyczynami niskiego spokrewnienia krajowej populacji bydła czarno-białego.

Pomimo stwierdzonego w badaniach uprzednio cytowanych autorów niewielkiego średniego spokrewnienia w populacji buhajów ich wyniki wskazują jednak na jego stopniowy wzrost. Większe współczynniki pokrewieństwa otrzymane w ramach badań własnych niż w badaniach wymienionych autorów są także potwierdzeniem niekorzystnej tendencji, polegającej na systematycznym wzroście spokrewnienia w kolejnych pokoleniach zwierząt. Ponadto, na podstawie wykonanej w pracy analizy spokrewnień zaobserwowano, że w grupie buhajów należących do starszych roczników w kolejnych latach urodzeń dość regularnie wzrasta liczba par osobników spokrewnionych. W obrębie rocznika 2003 wszystkie buhaje są już spokrewnione, a później tendencja ulega odwróceniu i procent par osobników spokrewnionych maleje.

Analiza rodowodowa populacji buhajów wskazuje również na związek między zmieniającą się dla poszczególnych roczników liczebnością a dynamiką zmian spokrewnienia w populacji. Zmniejszaniu się liczby odchowywanych buhajków urodzonych do 2002 roku towarzyszył dość konsekwentny wzrost średniego spokrewnienia. W grupie buhajków urodzonych po tym roku zaobserwowano odwrotną tendencję. Wraz z rosnącymi liczebnościami w kolejnych latach urodzeń średnie spokrewnienia dla kolejnych roczników malały. Reasumując, największe średnie współczynniki odnotowano dla najmniej licznych roczników. Opisane zjawiska można tłumaczyć jako skutek zmieniającej się w tym czasie polityki hodowlanej, intensywności importu nasienia oraz oparcia selekcji matek i ojców buhajów na metodzie BLUP – model zwierzęcia, wykorzystującej macierz spokrewnień między zwierzętami (Henderson, 1975, 1976; Topolski i Majewska, 2006; Topolski, 2007).

W podsumowaniu można stwierdzić, że spokrewnienie w populacji buhajów rasy phf cb – chociaż dotyczy ponad 95% wszystkich par osobników – jest relatywnie niewielkie. W grupie buhajów należących do starszych roczników odnotowano niekorzystny wzrost średniego spokrewnienia w kolejnych latach urodzeń. Opisana tendencja potwierdza wyniki prac innych autorów i pozwala wnioskować o dość systematycznym, niepożądanym wzroście spokrewnienia w krajowej populacji buhajów bydła rasy hf. Z kolei, korzystne zjawisko polegające na zmniejszaniu się średniego spokrewnienia, stwierdzone wśród młodszych roczników buhajów może wynikać z jednej strony ze zwiększonego w tym czasie wpływu importowanego materiału genetycznego na krajową populację bydła rasy phf cb, a z drugiej z podejmowania przez hodowców działań mających na celu ograniczenie przeciętnego spokrewnienia. Niezależnie od tego, relatywnie wysokie spokrewnienie w grupach buhajów z najmniej

licznych roczników może przełożyć się aktualnie na wzrost średniego spokrewnienia, a w konsekwencji również na wzrost zimbredowania w populacji bydła phf cb. Buhaje z tych roczników są bowiem obecnie aktywnie wykorzystywane w hodowli.

### Piśmiennictwo

- Boichard D. (2007). PEDIG: a Fortran Package for pedigree analysis suited for large populations. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier.
- Croquet C., Mayeres P., Gillon A., Vanderick S., Gengler N. (2006). Inbreeding depression for global and partial economic indexes, production, type and functional traits. *J. Dairy Sci.*, 89: 2257–2267
- Filistowicz A. (1977). Analiza genetyczna buhajów rasy nizinnej czerwono-białej użytkowanych na Dolnym Śląsku. Opr. wdroż., AR Wrocław.
- Henderson C. (1975). Rapid method for computing the inverse of the relationship matrix. *J. Dairy Sci.*, 58: 1727–1730.
- Henderson C. (1976). A simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. *Biometrics*, 32: 69–83.
- Jagusiak W., Ptak E. (2003). Inbred w populacji polskiego bydła czarno-białego. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, 17: 377–380.
- Jagusiak W., Żarnecki A. (1994). Spokrewnienie i inbred w populacji buhajów czarno-białych użytkowanych w sztucznym unasienianiu. *Pr. Mat. Zoot.*, 46: 75–81.
- Jagusiak W., Żarnecki A. (2002). Estimation of inbreeding and relationship among young Polish Black-and-White bulls. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August, 19–23, 2002, Montpellier, France.
- Kania-Gierdziewicz J. (2005). Inbreeding and relationship in Polish Black-and-White sires. *J. Appl. Genet.*, 46 (2):187–193.
- Lataaya E., Misztal I., Bertrand J., Maybry J. (1999). Inbreeding in population with incomplete pedigrees. *J. Anim. Breed. Genet.*, 116: 4475–4480.
- Mayer C., Gillon A., Vanderick S., Gengler N. (2006). Inbreeding depression for global and partial economic indexes, production, type, and functional traits. *J. Dairy Sci.*, 89: 2257–2267.
- Miglior F., Burnside E., Dekkers J. (1995). Production traits of Holstein cattle: Estimation of nonadditive genetic variance components and inbreeding depression. *J. Dairy Sci.*, 78: 1174–1180.
- Parland S., Kearney J., Rath M., Berry D. (2007). Inbreeding effects on milk production, calving performance, fertility, and conformation in Irish Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.*, 90: 4411–4419.
- Sewalem A., Kistemaker G., Miglior F., Doormaal B. Van (2006). Analysis of inbreeding and its relationship with functional longevity in Canadian dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 89: 3609–3614.
- Smith L., Cassell B., Pearson R. (1998). The effects of inbreeding on the lifetime performance of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 81: 2729–2737.
- Sorensen A., Madsen P., Sorensen M., Berg P. (2006). Udder health shows inbreeding depression in Danish Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 89: 4077–4082.
- Strabel T. (2001). Ograniczanie imbredu we współczesnej hodowli bydła mlecznego. *Pr. Mat. Zoot.*, 59: 25–36.
- Thompson J., Everet R., Hammerschmidt N. (2000). Effects of inbreeding on production and survival in Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 83: 1856–1864.
- Topolski P. (2007). Inseminacja Bydła w roku 2006. Wyd. własne IZ PIB, Kraków, 5.
- Topolski P., Majewska A. (2006). Inseminacja Bydła w roku 2005. Wyd. własne IZ PIB, Kraków, 4.
- Trela J., Wójcik P., Adamik P. (1995). Doskonalenie bydła czarno-białego przy użyciu buhajów odmiany niemieckiej. *Biul. Inf. IZ*, 1: 17–28.
- VanRaden P. (1992). Accounting for inbreeding and crossbreeding in genetic evaluation for large populations. *J. Dairy Sci.*, 75: 3136–3144.

Wall E., Brotherstone J., Kearney J., Wooliams J., Coffey M. (2005). Impact of nonadditive genetic effects in the estimation of breeding values for fertility and correlated traits. *J. Dairy Sci.*, 88: 376–385.

Zatwierdzono do druku 21 XI 2011

PIOTR TOPOLSKI, WOJCIECH JAGUSIAK

**Relatedness analysis in a population of Polish Black-and-White Holstein-Friesian bulls**

SUMMARY

Relatedness was analysed in a population of 6 299 Polish Black-and-White Holstein-Friesian (PBWHF) bulls born between 1994 and 2007. It was found that the analysed population is characterized by a very large proportion of related pairs, but the mean degree of genetic relatedness between the bulls is low, with the mean coefficients of additive relationship not exceeding 2% for both the entire population and the related animals. Pedigree analysis also showed a relationship between the changing number of bulls over the years and the dynamics of population relatedness. The decreasing number of weaned bulls was paralleled by a fairly consistent increase in the mean relatedness. A reverse trend was observed in the group of bulls born after 2002. As the number of bulls increased in successive birth years, the average relatedness for successive birth-year groups decreased. As a result, the highest mean coefficients were noted for birth-year groups with the smallest number of bulls. Nevertheless, the highest mean relatedness found in the group of bulls from the smallest birth-year groups may translate into higher inbreeding in the population of PBWHF cattle, because bulls from these birth-year groups are now actively used in breeding.

Key words: genetic relatedness, sire, HF, trends, inbreeding